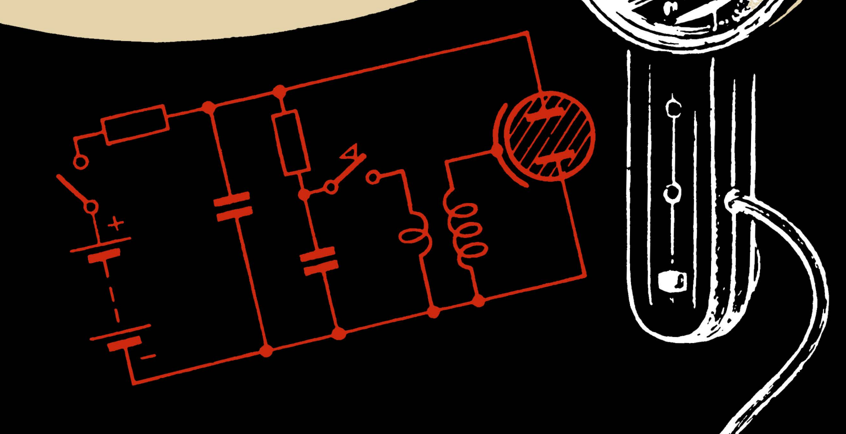
Ю. В. Шашин



Электроника в фотографии



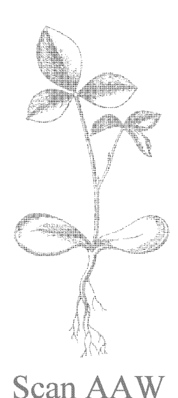
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 424

Ю. В. ШАШИН

ЭЛЕКТРОНИКА В ФОТОГРАФИИ





ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА 1961 ЛЕНИНГРАД

В книге рассмотрены схемы и принцип действия различных электронных приборов, применяемых в фотографической практике (электронные фотовспышки, питающие и синхронизирующие устройства к ним, приборы для автоматизации процессов фотопечати и обработки фотоматериалов). Даны рекомендации и отдельные расчетные формулы для выбора элементов схем. Изложены также некоторые положения теории фотографии, знание которых необходимо при самостоятельном конструировании схем.

Книга предназначена для радиолюбителей, интересующихся применением электроники в фотографии. Она может быть полезна также фотографам, использующим электронные приборы.

6П2. 15+77 *Шашин Юрий Васильевич*

Ш33 **Электроника в фотографии**. М.—Л., Госэнергоиздат, 1961.

80 с. с илл. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 424)

6П2. 15+77

Редактор *К. Е. Волковицкий* Техн. редактор *М. М. Широкова*

Сдано в набор 19/V 1961 г. Подписано к печати 16/IX 1961 г.

Т-10699 Бумага 84×108 1/32 4,1 п. л. Уч.-изд. л. 4,6

Тираж 30.000 Цена 18 коп. Заказ 279

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Последние годы характеризуются широким внедрением электроники во все области народного хозяйства. Электронные приборы используются для контроля и автоматизации различных процессов во всех отраслях промышленности, на транспорте, при ведении научных исследований и т. п. Применение электроники в народном хозяйстве позволяет решать многие, ранее неразрешимые проблемы, упрощает и облегчает труд людей.

Первые опыты применения электронных приборов в фотографии относятся к сравнительно давнему времени. Так, автоматические копировальные аппараты с использованием фотоэлементов были запатентованы еще в 1902 г. Несколько позже фотоэлементы стали использоваться в приборах для измерения оптической плотности негативов и освещенности при фотосъемке.

В настоящее время, кроме подобных приборов, широкое распространение получили приборы для искусственного освещения фотографируемых объектов, так называемые электронные фотовспышки и приборы для автоматического отсчета времени при лабораторных процессах и фотопечати. Развитие этого направления электроники идет по пути создания устройств, выполняющих все более сложные задачи. В последние годы появились автоматические устройства для фотопечати, позволяющие регулировать плотность и контрастность получаемого отпечатка.

Данная книга знакомит читателей с разносторонними возможностями применения электронных приборов в фотографии и задачами, возникающими при их конструировании. Предпочтение в ней отдается приборам и схемам, полезным в обычной фотографической практике и доступным для самостоятельного изготовления. В задачу книги входит помочь читателям не только в выборе и изготовлении описанных образцов, но и в конструировании новых

приборов подобного назначения. С этой целью подробно описывается принцип работы схем и приводятся отдельные формулы для расчета их элементов. Значительное место в книге уделено изложению некоторых фотографических законов, обусловливающих параметры электронных приборов и возможности их применения.

В тех же целях описания приборов, выпускаемых промышленностью, и приборов, разработанных автором, подобраны так, чтобы показать возможность различных схемных решений тех или иных задач. Так, например, описанные в книге электронные фотовспышки различны по способу питания, схемы реле времени различаются по принципу срабатывания и т. п.

Книга предназначена для радиолюбителей-конструкторов, занимающихся разработкой электронных приборов для фотографии. Она может быть полезна также фотографам и фотолюбителям, использующим такие приборы.

СОДЕРЖАНИЕ

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ЭЛЕКТРОННЫЕ ФОТОВСПЫШКИ

1. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИМПУЛЬСНЫХ ЛАМП И СХЕМА ИХ ВКЛЮЧЕНИЯ

Из электронных приборов, применяемых при фотосъемке, широкое распространение получили электронные фотовспышки, позволяющие в течение короткого промежутка времени получить высокую степень освещенности фотографируемого объекта. Источником света в них служат импульсные лампы, принцип действия которых основан на использовании искрового разряда, происходящего в инертном газе.

При подключении лампы к источнику тока и подведении к ее зажигающему электроду высоковольтного импульса происходит ионизация газа в лампе и возникает искровой разряд, сопровождающийся яркой световой вспышкой. Сопротивление лампы в момент разряда очень мало, благодаря чему ток, проходящий через лампу, может достигать значительной величины (сотен ампер) и определяется лишь напряжением и внутренним сопротивлением источника тока. Чаще всего в качестве последнего используется конденсатор, заряжаемый в перерыве между вспышками и мгновенно отдающий запасенную энергию при разряде.

Энергия заряда конденсатора достаточно точно определяет и электрическую энергию вспышки:

$$E = \frac{U^2C}{2},$$

где E — энергия заряда, *дж*;
U — напряжение заряда, *кв*;
C — емкость конденсатора, *мкф*.

Световая энергия вспышки (под этой величиной понимают произведение среднего светового потока на длительность вспышки) пропорциональна электрической энергии и

соответственно изменяется при изменении величин, входящих в приведенную выше формулу.

Своеобразием освещения, получаемого с помощью импульсной лампы, является его кратковременность. Длительность вспышки $t_{всп}$, измеренная как время, в течение которого световой поток составляет не менее 35% своего максимума, находится в пределах от сотых долей до единиц миллисекунд и зависит от внутреннего сопротивления лампы и емкости питающего конденсатора. Величина $t_{всп}$ с достаточной точностью может быть подсчитана по формуле

$$t_{всп} = \frac{RC}{2} 10^{-3},$$

где $t_{всп}$ — длительность вспышки, *мсек*;
R — сопротивление лампы, *ом*;
C — емкость конденсатора, *мкф*.

Помимо упомянутого, импульсные лампы характеризуются диапазоном управляемости, иначе говоря, диапазоном изменения питающего напряжения, в котором возможно зажигание лампы высоковольтным импульсом и исключено произвольное зажигание (самопробой).

Одна и та же импульсная лампа может работать при различных значениях питающего напряжения, накопительной емкости и различной частоте повторения вспышек. Выбор этих величин ограничивается условиями максимально допустимой нагрузки на лампу. Значения фактора нагрузки $H = CU^4$ и средней мощности $P_{ср} = \frac{E}{t}$ (в ваттах), где t — интервал (в секундах) между вспышками, установленные для каждого типа ламп, не должны превышаться при их эксплуатации.

Параметры отечественных импульсных ламп приведены в табл. 1.

Простейшая схема включения импульсной лампы приведена на рис. 1. Импульсная лампа *Л* постоянно соединена с питающим конденсатором C_1, который заряжается до напряжения источника питания (батареи *Б*) при замыкании цепи выключателем *Вк*. Сопротивление R_1 ограничивает ток в начале заряда и предотвращает переход искрового разряда в стационарный при вспышке, что возможно при большой мощности источника питания.

Электрод зажигания импульсной лампы соединен с повышающей обмоткой *II* импульсного трансформатора *Тр*,

Таблица 1

Основные данные отечественных импульсных ламп в номинальном режиме

Тип лампы	Энергия вспышки, *дж*	Рабочее напряжение, *в*	Напряжение зажигания, *в*	Напряжение самопробоя, *в*	Емкость конденсатора питания, *мкф*	Фактор нагрузки, *мкф·кв*^{4}	Средняя мощность, рассеиваемая в лампе, *вт*	Минимальный интервал между вспышками, *сек*	Световая энергия, *лм/сек*	Длительность вспышки, *мсек*	Внутреннее сопротивление лампы, *ом*	Срок службы, тысячи вспышек	Габариты светящейся части, *мм*
ИФК-20	20	130	100	700	2 500	1	2	10	200	0,2	0,16	10	⌀7×10
ИФК-50	50	200	140	1 000	2 500	6	5	10	700	0,4	0,32	10	⌀7×20
ИФК-120	120	300	180	1 000	2 500	25	12	10	2 500	1,2	1	10	7×23×30
ИФК-500	500	500	400	3 500	4 000	250	30	15	10 000	8	4	10	⌀30×45
ИФК-2 000	2 000	500	250	2 000	16 000	1 000	130	15	60 000	4	0,45	5	12×70×40
ИФБ-300	300	300	240	1 500	6 500	250	40	7,5	5 000	8	2,5	10	⌀65
ИФП-200	200	1 250	1 100	1 900	250	600	27	7,5	3 500	0,4	2	3	⌀8×200
ИФП-500	500	1 800	1 500	2 700	300	3 200	65	7,5	12 000	1,3	3,5	3	⌀8×300
ИФП-1 500	1 500	2 500	2 100	3 700	450	17 500	100	15	35 000	2,6	6	3	⌀8×600
ИФП-4 000	4 000	2 000	1 700	3 000	2 000	32 000	270	15	120 000	12	8	3	⌀8,5×800
ИФП-15 000	15 000	2 400	1 600	5 000	5 000	20 000	1 250	12	500 000	4,5	1,8	10	⌀12×600
ИСТ-10	0,01	500	180	1 000	0,08	—	10	0,001	—	0,07	1	20	7×23×30

первичная обмотка I которого может подключаться кнопкой K к конденсатору C_2, заряженному до напряжения источника питания. Отношение числа витков обмоток трансформатора обычно составляет около 100, и в момент резкого нарастания тока в первичной обмотке во вторичной индуктируется импульс высокого напряжения, порядка 10 *кв*. Это вызывает ионизацию газа в лампе и приводит к возникновению в ней искрового разряда, вспышки за счет энергии конденсатора C_1. Запаздывание вспышки после замыкания контактов в цепи зажигания ничтожно мало (единицы микросекунд) и практически не учитывается.

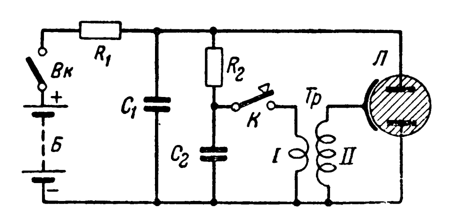


Рис. 1. Схема включения импульсных ламп.

Напряжение ионизации различно для ламп разного типа, однако вместо этой величины в технических характеристиках лампы обычно указывают данные импульсного трансформатора *Тр* и емкость питающего его конденсатора C_2.

Напряжение заряда конденсатора C_2 в цепи поджига обычно выбирается равным напряжению питания лампы, как это и имеет место в схеме на рис. 1, однако надежное зажигание ламп возможно и при значительно меньшем напряжении на этом конденсаторе.

Данные импульсных трансформаторов, рекомендуемых для отечественных ламп, приведены в табл. 2.

2. ВЕДУЩИЕ ЧИСЛА ФОТОВСПЫШЕК

Осветительные свойства фотовспышек принято характеризовать ведущими числами. Под этим термином понимают произведение чисел диафрагмы объектива фотоаппарата на расстояния от фотовспышки до объекта съемки (в метрах), при которых на фотоматериале определенной светочувствительности (в СССР 130 ед. ГОСТ) обеспечивается получение нормально экспонированного негатива. Ведущее число L_2 для иной светочувствительности подсчитывается по формуле

$$L_2 = L_1 \sqrt{\frac{S_2}{130}},$$

Таблица 2

Основные данные импульсных трансформаторов и питающих их конденсаторов

Тип трансформатора	Для каких ламп данный трансформатор применяется	Первичная обмотка			Вторичная обмотка			Оправка		Пропитка	Емкость конденсатора C_2, *мкф*
		Число витков	Провод	Диаметр провода, *мм*	Число витков	Провод	Диаметр провода, *мм*	Диаметр, *мм*	Длина, *мм*		
1	ИФК-2 000, ИФП-1 500	25	ПЭЛ	0,93	2 500	ПЭШО	0,15	21	50	Масло	1
2	ИФК-500, ИФП-200, ИФП-500 . .	27	ПЭЛ	0,8	3 000	ПЭШО	0,07	8	30	Канифоль с церезином	4
3	ИФК-20, ИФК-50, ИФК-120, ИСТ-10	30	ПЭЛ	0,69	2 000	ПЭШО	0,06	7	20	То же	0,1
4	ИФБ-300	30	ПЭЛ	0,69	2 000	ПЭШО	0,06	7	20	„ „	0,5

Примечания: 1 Напряжение заряда конденсатора равно напряжению, питающему лампу. Для лампы ИФК-2 000 напряжение заряда конденсатора равно 800 *в*

2. Трансформаторы выполняются без сердечников Между слоями обмоток должны быть изолирующие прокладки.

где L_1 — ведущее число для светочувствительности 130 ед. ГОСТ;

S_2 — светочувствительность, ед. ГОСТ.

Подсчет ведущего числа для вновь изготовленной фотовспышки довольно затруднителен, поскольку, кроме электрической энергии вспышки, ведущее число зависит от светоотдачи импульсной лампы и отражательной способности примененного рефлектора. Последний, собирая световой поток, усиливает его с коэффициентом от 2 до 10.

При одинаковых свойствах рефлектора и равной светоотдаче ламп ведущее число прямо пропорционально корню квадратному из энергии вспышки. Например, увеличение энергии вспышки от 40 до 80 *дж* приводит к увеличению ведущего числа в 1,41 раза. Примерно так же изменяется ведущее число при использовании двух однотипных фотовспышек. Соответственно применение трех и более фотовспышек увеличивает ведущее число в $\sqrt{n}$ раз, где n — число фотовспышек. Приведенная зависимость справедлива при близком расположении фотовспышек и одинаковом направлении света от них.

Наиболее просто ведущее число фотовспышки определяется практически путем пробных съемок. С этой целью производят ряд снимков какого-либо объекта, каждый раз изменяя на одно деление величину диафрагмы. Выбрав после проявления пленки нормально экспонированный негатив, умножают соответствующее ему число диафрагмы на число метров расстояния, с которого производилось освещение объекта. Другим практическим способом определения ведущего числа является одновременное фотографирование нескольких предметов, расставленных по направлению света фотовспышки с интервалом 1 *м*.

Ведущее число является важнейшей характеристикой фотоосветительного прибора и единственным, хотя и не совсем точным, руководством в выборе экспозиции при съемке. Значение диафрагмы, необходимой для получения нормально экспонированного негатива, легко находится делением ведущего числа на число метров расстояния до объекта съемки. Некоторая неточность в этом случае обусловливается наличием света от других источников, что и должно учитываться при съемках с фотовспышками.

Необходимо отметить, что выбор экспозиции при съемках с фотовспышкой возможен лишь за счет изменения диафрагмы объектива фотоаппарата. Возможно также применение нейтральных (серых) светофильтров, частично по-

глощающих свет. Регулировка экспозиции изменением выдержки вследствие кратковременности вспышки исключается, более того, при использовании фотоаппаратов со шторными затворами (ФЭД, «Зоркий» и др.) допустима лишь вполне определенная выдержка. Причины таких ограничений вытекают из особенностей работы фотографических затворов (см. гл. 2).

3. ЭЛЕКТРОННЫЕ ФОТОВСПЫШКИ ЭВ-1 («МОЛНИЯ») «ЛУЧ-57» И «ЛУЧ-59»

Электронные фотовспышки ЭВ-1 («Молния»), «Луч-57» и «Луч-59» относятся к числу приборов, питаемых непосредственно от высоковольтного источника тока; они рассчитаны на применение батарей типа 330-ЭВМЦГ-1000.

В электронной фотовспышке ЭВ-1 («Молния»), схема которой приведена на рис. 2, в качестве накопительного элемента используется конденсатор C_1 типа ЭФ-380 *мкф*,

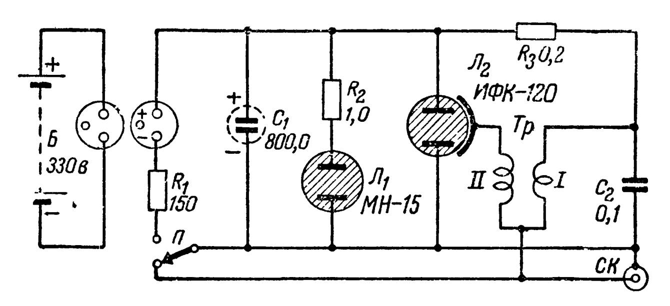


Рис. 2. Схема фотовспышки ЭВ-1 („Молния“).

обеспечивающий энергию вспышки 36 *дж* при длительности 0,5 *мсек*. Заряд конденсатора производится через ограничительное сопротивление R_1.

Вследствие значительного внутреннего сопротивления батареи напряжение на конденсаторе нарастает сравнительно медленно (в течение 5—10 *сек*), и для индикации готовности прибора к работе в схему введена неоновая лампа $Л_1$ типа МН-15; она зажигается при достижении на конденсаторе напряжения порядка 250 *в*. Сопротивление R_2 ограничивает ток горения этой лампы, не оказывая влияния на потенциал ее зажигания.

Замыкание цепи поджига лампы $Л_2$ производится синхроконтактами, находящимися в фотоаппарате. Соединение

их с фотовспышкой осуществляется двухпроводным кабелем со штеккером *СК*. Синхроконтакты механически связаны с затвором фотоаппарата и замыкаются в момент его открытия. Благодаря этому вспышка импульсной лампы происходит точно во время съемки.

Подключение конденсатора C_2 к обмотке импульсного трансформатора происходит также при переводе переключателя *П* в нижнее (по схеме) положение. Это используется для получения вспышки при работе с фотоаппаратами, не имеющими синхроконтактов, а также вспышки с целью

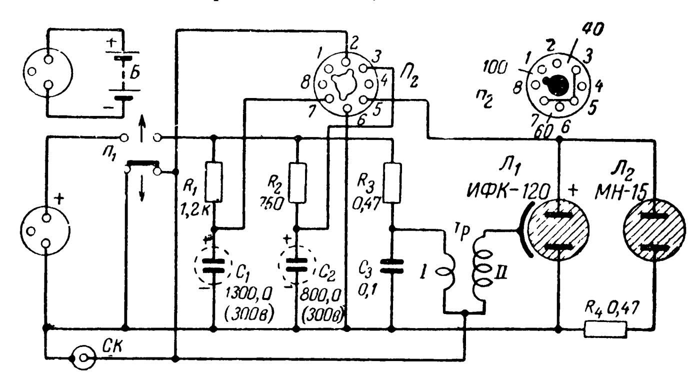


Рис. 3. Схема фотовспышки „Луч-59".

разряда конденсатора C_1 при выключении источника питания.

Фотовспышки «Луч-57» и «Луч-59» сходны по схеме, своим техническим характеристикам и внешнему виду; они имеют лишь несущественные конструктивные различия. Принципиальная схема фотовспышки «Луч-59» приведена на рис. 3.

Важной особенностью этой схемы является наличие переключателя, позволяющего изменять емкость накопительного конденсатора и тем самым значения энергии вспышки и ведущего числа. При использовании свежей батареи электрическая энергия вспышек составляет 40, 60 или 100 *дж*, что обеспечивает значения ведущего числа 26, 33 и 42. Одновременно изменяется и длительность вспышки, примерно равная 0,5, 1 и 2 *мсек*.

Изменение накопительной емкости осуществляется переключателем $П_2$, с помощью которого к импульсной лампе $Л_1$ подключаются два или один из двух конденсаторов C_1 и C_2. Этот переключатель выполнен в виде октальной лампо-

вой панельки, контакты которой замыкаются между собой перемычками на подвижной колодке.

Заряд конденсаторов C_1 и C_2 происходит через ограничительные сопротивления; спустя некоторое время после подключения переключателем $П_1$ батареи $Б$ оба конденсатора оказываются одинаково заряженными. Такое включение их, несколько увеличивая расход электроэнергии батареи (за счет тока утечки неиспользуемого конденсатора), полностью исключает искрение в контактах переключателя. В ином случае замыкание между собой (положение 100 *дж*) различно заряженных конденсаторов вызвало бы чрезмерно большой ток через контакты.

Фотовспышки типа «Луч» представляют собой пример удачного конструктивного решения; они очень удобны в переноске и пользовании. При фотосъемке осветитель с помощью выдвижных лапок может быть укреплен на фотоаппарате или рядом с ним. Синхроконтакты фотоаппарата соединяются с фотовспышкой отдельным двухпроводным кабелем, выходящим из блока питания. Это позволяет перемещать в некоторых пределах осветитель относительно фотоаппарата, выбирая наиболее подходящее направление света.

4. ВЫПРЯМИТЕЛЬ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ БАТАРЕЙ К ФОТОВСПЫШКАМ

Интенсивный разряд батареи, имеющий место при частом пользовании фотовспышкой, ведет к довольно быстрому снижению питающего напряжения. Это является следствием как наличия тока утечки, так и потребления значительного тока при заряде конденсатора.

Известно, что превышение нормальных значений разрядного тока отрицательно отражается на сроке службы гальванических батарей. Фактическая емкость их в этом случае оказывается значительно ниже номинальной. Однако спустя некоторое время напряжение и частично емкость батарей восстанавливаются. Этот процесс можно ускорить, включая батареи к источнику постоянного тока с напряжением, несколько превышающим их номинальное.

Ниже описывается выпрямитель для такого восстановления батарей типа 330-ЭВМЦГ-1000. С его помощью удается (иногда и неоднократно) восстанавливать до 30—40% начальной емкости батарей в течение срока их годности. Длительное хранение батарей, особенно разряженных, приводит к необратимым химическим процессам в них,

в том числе и разрушению цинкового электрода. Восстановить такие батареи невозможно.

Принципиальная схема выпрямителя приведена на рис. 4. Это обычный двухполупериодный выпрямитель с удвоением напряжения. При включении в электросеть 127 *в* конденсаторы C_1 и C_2 заряжаются через полупроводниковые диоды $Д_1$ и $Д_2$ примерно до амплитудного значения напряжения электросети. В положительный полупериод сетевого напряжения проводящим оказывается диод $Д_1$; при этом происходит заряд конденсатора C_1. В отри-

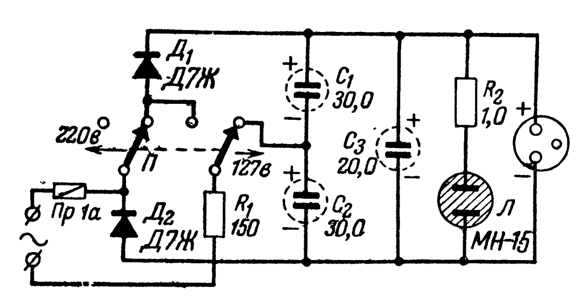


Рис. 4. Схема выпрямителя для восстановления батарей.

цательный полупериод заряжается конденсатор C_2. Напряжение, приложенное к конденсатору C_3, равно сумме напряжений на конденсаторах C_1 и C_2, что составляет 330—350 *в*.

Сопротивление R_1 предохраняет диоды от резкого броска тока при включении выпрямителя в электросеть. С помощью переключателя *П* схема преобразуется в однополупериодную, без удвоения напряжения, что используется при включении в электросеть 220 *в*. В этом случае напряжение на конденсаторе C_3 примерно равно амплитуде сетевого напряжения, т. е. 300—320 *в*. Неоновая лампа *Л* служит индикатором включения выпрямителя.

Емкость конденсаторов C_1—C_3 должна быть не меньше указанной на схеме (при возможности ее лучше увеличить). Можно применить конденсаторы любого типа на рабочее напряжение не менее 200 *в* для C_1, C_2 и 450 *в* для конденсатора C_3.

Выпрямитель включается так, чтобы полярность напряжений выпрямителя и батареи совпадала. Время, необходимое для восстановления батареи, составляет 6—8 *ч*.

5. ЭЛЕКТРОННАЯ ФОТОВСПЫШКА ФИЛ

Характерной особенностью фотовспышки типа ФИЛ является возможность питания ее от низковольтного источника тока. В качестве последнего используются батареи для карманного фонаря Б типа КБС-л-0,5 с начальным напряжением около 4 *в*. Комплект питания состоит из четырех параллельно включенных батарей и обеспечивает примерно 100 вспышек с энергией 36 *дж*.

Повышение напряжения и заряд накопительного конденсатора C_4 800 *мкф* (рис. 5) производится с помощью

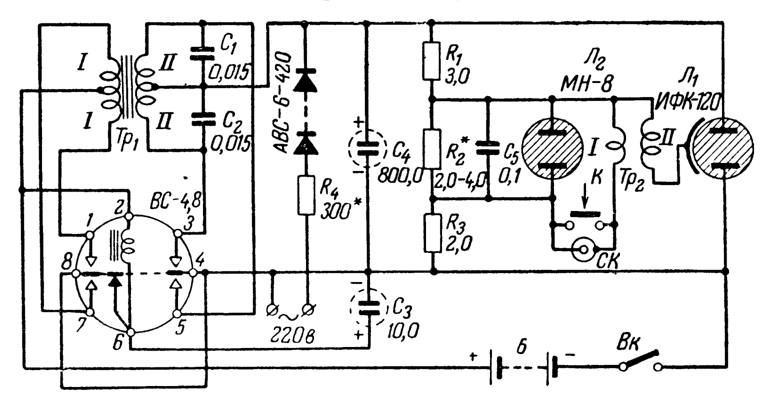


Рис. 5. Схема фотовспышки ФИЛ.

синхронного вибропреобразователя, в схему которого входит вибратор типа ВС-4,8, повышающий трансформатор $Тр_1$ и искрогасительные конденсаторы C_1, C_2 и C_3.

При работе вибратора его контакты *1, 8* и *7* производят попеременное подключение концов первичной обмотки *I* трансформатора $Тр_1$ к батарее питания. Вследствие этого в сердечнике трансформатора образуется переменный магнитный поток, индуктирующий во вторичной обмотке *II* переменное напряжение. Амплитуда последнего определяется отношением числа витков обмоток трансформатора и напряжением на первичной обмотке.

Трансформатор $Тр_1$ выполнен на сердечнике сечением 3,2 *см*². Обмотка *I* состоит из 2×34 витков провода ПЭЛ 0,62, а обмотка *II* — из 2×3 350 витков ПЭЛ 0,1. Таким образом, отношение числа витков обмоток примерно равно 100, что обеспечивает получение повышенного напряжения порядка 300 *в* (даже несколько выше, особенно при использовании свежих батарей).

Выпрямление переменного напряжения производится с помощью контактов *3*, *4* и *5* вибратора, которые синхронно с рабочими контактами в первичной цепи подключают общий провод схемы попеременно к концам вторичной обмотки. Напряжение, полученное после выпрямления, оказывается приложенным к конденсатору C_4 и постепенно заряжает его. Заряд конденсатора длится 6—10 *сек* в зависимости от степени разряженности питающих батарей.

При отсутствии батарей, а также в целях экономии их энергии заряд конденсатора C_4 может производиться от электросети напряжением 220 *в*. Для выпрямления сетевого напряжения используется селеновый столбик типа АВС-6-420.

Схемы индикации напряжения на конденсаторе C_4 и зажигания импульсной лампы $Л_1$ в фотовспышке ФИЛ совмещены. Конденсатор C_5 заряжается напряжением, снимаемым с делителя $R_1R_2R_3$. При зарядке конденсатора C_5 до потенциала зажигания неоновой лампы $Л_2$ последняя вспыхивает и, несколько разрядив конденсатор, гаснет. Частота вспышек неоновой лампы определяется постоянной времени цепи и зависит от напряжения на конденсаторе C_4. С ростом этого напряжения частота вспышек увеличивается и становится постоянной при полном заряде конденсатора C_4. При использовании такой схемы индикации в самодельных фотовспышках сопротивление R_2 подбирают так, чтобы при заряде накопительного конденсатора до напряжения 300 *в* отдельные вспышки неоновой лампы были неразличимы.

Трансформатор $Тр_2$ имеет следующие данные: обмотка *I* состоит из 20 витков провода ПЭЛ 0,31, а обмотка *II* — из 2 000 витков ПЭЛ 0,07.

Разделение зарядного сопротивления на два сопротивления R_1 и R_3 сделано для того, чтобы отделить синхроконтакты фотоаппарата (а следовательно, и корпус его) от общего («минусового») провода при включении фотовспышки в электросеть. Как известно, провода электросети имеют соединение с землей, и при съемках в сырых помещениях корпус фотоаппарата может оказаться под напряжением, опасным для жизни. Наличие сопротивлений R_1 и R_3 устраняет опасность поражения электрическим током, однако поскольку синхроконтакты полностью от проводов электросети не изолированы, использовать электросеть при съемках в сырых помещениях не рекомендуется.

6. СХЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫКЛЮЧЕНИЯ ВИБРОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ФОТОВСПЫШКИ

Одним из недостатков, свойственных вибропреобразователям, является потребление значительного тока в режиме холостого хода. Это вынуждает выключать вибропреобразователь после окончания заряда конденсатора фотовспышки и вновь включать его для повторного заряда. Эти операции отвлекают внимание фотографа, тем более что в ожидании съемки может потребоваться и подзаряд конденсатора.

Работу вибропреобразователя можно автоматизировать с помощью схемы на транзисторах, изображенной на рис. 6.

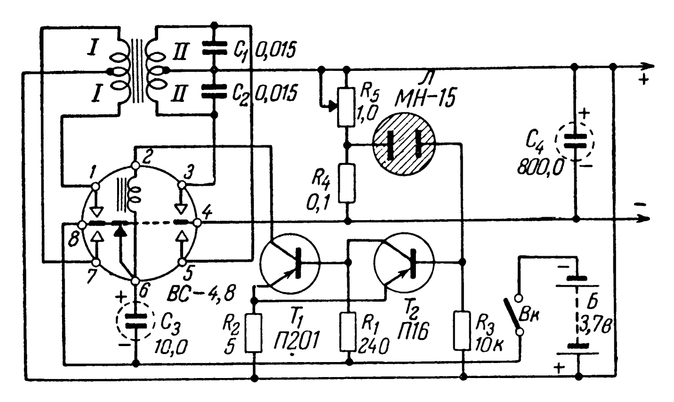


Рис. 6. Схема вибропреобразователя с автоматическим выключением.

При заряде конденсатора C_4 до заданного напряжения работа вибратора прекращается и возобновляется после снижения напряжения на 20—30 *в*.

Поскольку коммутация значительного тока в общей первичной цепи вибропреобразователя затруднена, а применение промежуточных реле нежелательно, коммутируется лишь ток в цепи обмотки возбуждения вибратора. При отсутствии тока через эту обмотку контакты якоря вибратора устанавливаются в среднем положении, не замыкая рабочих контактов *1* и *7*.

В описываемой схеме коммутирующим элементом является транзистор T_1. При включении источника питания выключателем *Вк* в цепи база — эмиттер транзистора T_1 проходит ток, ограничиваемый сопротивлением R_1. Величина его выбрана такой, чтобы ток был достаточен для пол-

ного открывания транзистора. Сопротивление последнего в этом режиме невелико (порядка десятых долей ома), и заметного падения напряжения на нем не происходит. Напряжение батареи *Б* оказывается приложенным почти полностью к обмотке возбуждения вибратора, и последний нормально работает. Ток во вторичной цепи выпрямляется контактами *3*, *4* и *5* и постепенно заряжает накопительный конденсатор C_4.

Это положение не меняется до тех пор, пока напряжение, поступающее с делителя R_4R_5 на электроды неоновой лампы *Л*, не достигает потенциала ее зажигания. Сопротивления делителя подобраны так, чтобы это произошло при заряде конденсатора C_4 примерно до напряжения 300 *в*. Неоновая лампа зажигается, и ток горения ее проходит по участку база — эмиттер ранее закрытого транзистора T_2. Ток в цепи его базы вызывает ток коллектора, сопротивление транзистора уменьшается и шунтирует управляющую цепь транзистора T_1. Сопротивление последнего возрастает, ток через обмотку возбуждения уменьшается, и работа вибратора прекращается.

Для поддержания открытым транзистора T_2 достаточен весьма незначительный ток в цепи его базы (0,2—0,5 *ма* в зависимости от коэффициента усиления транзистора). Пока напряжение, снимаемое с делителя R_4R_5, будет выше напряжения погасания лампы *Л*, в этой цепи будет течь ток и транзистор T_2 будет оставаться закрытым, а вибропреобразователь выключенным.

При разряде конденсатора C_4 (частичном или полном во время вспышки) напряжение на делителе падает, неоновая лампа *Л* гаснет и описанный процесс повторяется. Во избежание значительных перепадов напряжения на конденсаторе C_4 разница в напряжениях зажигания и погасания неоновой лампы не должна быть велика. Для лампы типа МН-15 она составляет примерно 30 *в*.

Очевидно, что неоновая лампа *Л* может служить и световым индикатором готовности фотовспышки к работе. Вспышка может быть произведена в любой момент после первого зажигания неоновой лампы, поскольку после этого напряжение на конденсаторе C_4 существенно не снижается.

Переменное сопротивление R_5, входящее в делитель напряжения, позволяет в некоторых пределах выбирать момент выключения вибратора и тем самым регулировать напряжение на конденсаторе C_4.

В случае добавления автоматического выключателя в фотовспышку ФИЛ необходимо учесть, что с первичной цепью вибропреобразователя должен быть соединен «плюсовой» провод высокого напряжения и в соответствии с этим придется поменять соединение в схеме фотовспышки.

7. ТРАНЗИСТОРНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ФОТОВСПЫШКИ

Работа вибраторов в рассмотренных выше схемах вибропреобразователей сводится к периодическому включению и смене направления тока в первичной обмотке повышающего трансформатора. Эту роль могут выполнять и транзисторы, обладающие в открытом состоянии очень малым, а в закрытом очень большим внутренним сопротивлением.

Переключение тока в обмотке трансформатора благодаря безынерционности транзисторов может производиться

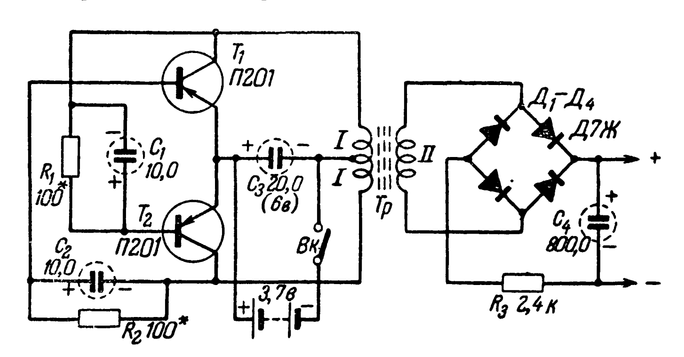


Рис. 7. Схема транзисторного преобразователя напряжения.

с весьма высокой частотой (до 10—15 *кгц*), что позволяет значительно уменьшить размеры трансформатора и вследствие увеличения скорости переключения сократить потери в нем.

Переключение транзисторов может осуществляться как с помощью дополнительного генератора, так и при работе их в автоколебательном режиме. В последнем случае преобразователь собирается по схеме блокинг-генератора или мультивибратора. Эти схемы различаются способом создания обратной связи и обладают рядом своеобразных особенностей.

На рис. 7 показана схема преобразователя, представляющего собой симметричный мультивибратор. Обратная

связь для его возбуждения осуществляется через конденсаторы C_1 и C_2. Сопротивления R_1 и R_2 служат для разряда этих конденсаторов и начального открывания транзисторов T_1 и T_2.

При включении питающей батареи коллекторный ток одного из транзисторов (например, T_1) в силу каких-либо причин нарастает быстрее, чем у другого, а напряжение на нем оказывается ниже. Из-за наличия связи между транзисторами это препятствует нарастанию коллекторного тока транзистора T_2 и приводит к росту напряжения на нем. Последнее вызывает заряд конденсатора C_2 через цепь эмиттер — база транзистора T_1, еще более открывая транзистор.

После окончания заряда конденсатора C_2 транзистор T_1 оказывается закрытым и нарастание напряжения на его коллекторе аналогичным образом приводит к увеличению коллекторного тока транзистора T_2. Частота образовавшихся колебаний определяется постоянными времени R_1C_1, R_2C_2 и зависит от величины питающего напряжения.

При работе мультивибратора, так же как и при работе вибропреобразователя, напряжение источника питания оказывается приложенным попеременно то к одной, то к другой половине первичной обмотки *I* трансформатора *Тр*. Вследствие этого на концах вторичной обмотки *II* возникает переменное напряжение с формой, близкой к прямоугольной. Амплитуда его определяется коэффициентом трансформации, напряжением источника тока и нагрузкой во вторичной цепи.

Переменное напряжение выпрямляется полупроводниковыми диодами $Д_1$ — $Д_4$, включенными по мостовой схеме, и постепенно заряжает накопительный конденсатор C_4 до напряжения примерно 300 *в*. Сопротивление R_3 в этой цепи несколько выравнивает величину тока в процессе заряда и к концу его заметного влияния не оказывает.

Заряд конденсатора C_4 при емкости 800 *мкф* и использовании в качестве источника питания двух параллельно соединенных батарей типа КБС-х-0,7 длится 12—15 *сек*. После 60—70 циклов заряда длительность его увеличивается до 20—25 *сек*.

Ток, потребляемый от батарей в начале заряда, равен 1,5—2 *а* и постепенно уменьшается до величины, определяемой в основном утечками во вторичной цепи. Потребление тока при отключенном конденсаторе C_4 составляет 100—150 *ма*.

Малая величина тока холостого хода является одним из достоинств данной схемы. К достоинствам данного преобразователя относятся также высокая надежность возбуждения и некритичность в отношении параметров повышающего трансформатора. С целью сокращения габаритов применен трансформатор с оксиферовым тороидальным сердечником диаметром 20 *мм* (два кольца). Проницаемость сердечника равна 2 000. Первичная обмотка *I* содержит 2×15 витков провода ПЭВ 0,55 (наматывается двумя проводами параллельно), а вторичная около 1 600 витков (практически до заполнения) ПЭВ 0,1.

При сохранении соотношения числа витков трансформатор *Тр* может быть выполнен как на оксиферовых кольцах большего диаметра, так и с обычными сердечниками из трансформаторной стали или пермаллоя. В последних случаях сечение сердечника должно быть не менее 0,6—0,7 $см^2$.

Вместо транзисторов типа П201 могут быть использованы любые другие, рассчитанные примерно на такую же мощность.

Правильно смонтированный преобразователь начинает работать без какой-либо наладки. Однако для получения оптимальных результатов необходимо подобрать величины сопротивлений R_1, R_2 и возможно также конденсаторов C_1, C_2. Транзисторы T_1 и T_2 желательно иметь с примерно одинаковыми параметрами и коэффициентом усиления β не менее 30 (таким требованиям отвечает большинство выпускаемых транзисторов данного типа).

Недостатком рассмотренной схемы преобразователя является влияние изменения напряжения питающих батарей на выходное напряжение. Этот недостаток частично устраняется возможностью регулировки последнего путем изменения величины сопротивлений R_1 и R_2.

8. ИНДУКТОРНОЕ ПИТАНИЕ ФОТОВСПЫШЕК

В рассмотренных выше схемах питания электронных фотовспышек в качестве первичных источников использованы гальванические батареи. Однако иногда возможность регулярной замены батарей бывает затруднена или исключена совсем. В подобных случаях для питания фотовспышек могут быть использованы ручные генераторы напряжения — индукторы.

Естественно, необходимость вращения перед каждой вспышкой рукоятки индуктора создает определенные неудобства, ввиду которых этот способ питания и не получил

широкого распространения. В то же время существенным достоинством индукторов является постоянная готовность к действию и при достаточно малых габаритах и весе почти неограниченный срок службы.

Для питания фотовспышек может быть использовано большинство индукторов, применяемых в телефонных аппаратах для посылки вызова. Удобен, в частности, индуктор от аппарата ТАИ-43. Переменная э. д. с., вырабатываемая таким генератором, очень высока (в отдельных случаях достигает 1 000 *в*). Однако даже при незначительной нагрузке

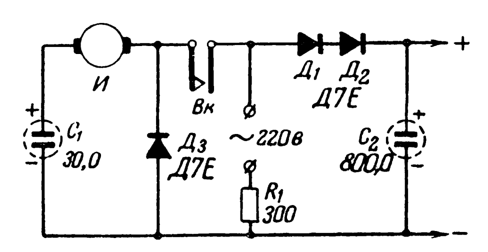


Рис. 8. Схема индукторного питания с удвоением напряжения.

напряжение понижается, и для заряда накопительных конденсаторов фотовспышек с заметными токами утечки приходится прибегать к схемам умножения напряжения.

На рис. 8 приведена схема индукторного питания с удвоением напряжения. Эту схему целесообразно применять при малой утечке в накопительном конденсаторе. Заряд конденсатора C_2 емкостью 800 *мкф* до напряжения 280—300 *в* длится 10—15 *сек* при вращении рукоятки индуктора *И* со скоростью 90—120 *об/мин*.

В момент первого поворота рукоятки автоматически срабатывает выключатель *Вк*, имеющийся в индукторе. Напряжение поступает к выпрямителю, собранному на полупроводниковых диодах $Д_1$ и $Д_2$. В полупериод напряжения, соответствующий знаку «плюс» на левом (по схеме) контакте индуктора, через диод $Д_3$ заряжается конденсатор C_1, напряжение на котором в другой полупериод складывается с напряжением на обмотке индуктора и через диоды $Д_1$ и $Д_2$ заряжает конденсатор C_2. Напряжение на последнем постепенно повышается, и после зажигания индикаторной лампы в фотовспышке вращение рукоятки индуктора можно прекратить. Выключатель *Вк* разрывает цепь, благодаря чему разряд конденсатора C_2 через обратное сопро-

тивление диодов $Д_1$ и $Д_2$ не происходит. Кроме того, наличие этого выключателя позволяет без каких-либо дополнительных коммутаций использовать выпрямитель при включении с электросеть 220 *в*.

На рис. 9 показана схема индукторного питания с утроением напряжения. Она по сравнению с предыдущей схемой позволяет заряжать конденсаторы фотовспышки быстрее и при больших утечках в них.

В положительный полупериод напряжения (относительно верхнего по схеме вывода индуктора) через диоды $Д_1$ и $Д_3$ заряжаются конденсаторы C_1 и C_3. При смене знака на-

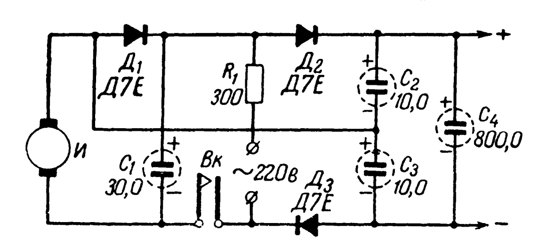


Рис. 9. Схема индукторного питания с утроением напряжения.

пряжения последнее складывается с напряжением на конденсаторе C_1 и заряжает конденсатор C_2 до удвоенного напряжения. К конденсатору фотовспышки C_4 оказывается приложенной сумма напряжений на конденсаторах C_2 и C_3, т. е. утроенное напряжение индуктора.

Автоматический выключатель *Вк*, так же как и в схеме на рис. 8, предотвращает разряд накопительного конденсатора C_4. Благодаря этому напряжение на последнем, несколько снизившись после окончания заряда, сохраняется довольно долго.

При наличии электросети 220 *в* последняя может быть использована для заряда накопительного конденсатора. Вращение рукоятки индуктора (так же как и в схеме на рис. 8) в этих случаях не допускается. Во избежание случайного поворота рукоятку индуктора поэтому желательно отвинчивать.

В случаях использования электросети при съемках с фотовспышкой должны быть приняты меры, устраняющие опасность поражения электрическим током.

Монтаж деталей выпрямителей производится на корпусе индуктора. С целью уменьшения габаритов всего устрой-

ства желательно применять электролитические конденсаторы типа ЭГЦ. Использование таких конденсаторов для схемы с утроением напряжения особенно целесообразно, поскольку ток утечки их весьма мал. Индуктор вместе с деталями схемы может быть помещен в отдельный кожух или смонтирован в общем футляре фотовспышки.

9. ВЫПРЯМИТЕЛИ СЕТЕВОГО НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ФОТОВСПЫШЕК

В отдельных случаях при фотосъемках в электрифицированных помещениях питание фотовспышек может производиться от сети переменного напряжения с помощью выпрямителей. Некоторое неудобство — наличие при этом соединительных проводов, ограничивающих движение фотографа, — в значительной мере окупается портативностью питающего устройства.

При электросети с напряжением 220 *в* выпрямитель может состоять всего лишь из селенового столбика, например типа АВС-6-420, или двух германиевых диодов типа Д7Е. На рис. 10 приведена схема выпрямителя, позволяющего использовать также и электросеть с напряжением 127 *в*. В этом случае с помощью переключателя *П* схема выпрямителя преобразуется в удвоительную.

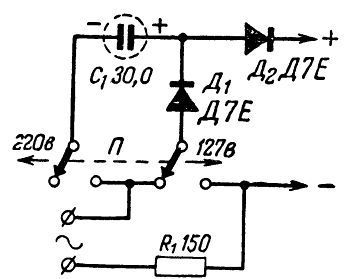


Рис. 10. Схема бестрансформаторного выпрямителя для фотовспышек.

Такой выпрямитель чрезвычайно прост и обеспечивает быстрый заряд конденсатора фотовспышки (в течение 2—3 *сек*). Однако серьезнейшим недостатком его является непосредственное соединение «минусового» провода с одним из проводов электросети, а так как последние обычно соединяются с землей, то при наличии проводимости в полах помещения корпус фотоаппарата может оказаться под напряжением, опасным для жизни.

Поэтому применять подобные выпрямители можно лишь при условии переделки схемы зажигания фотовспышки в соответствии со схемой ФИЛ (см. рис. 5), т. е. при отделении синхроконтактов высокоомными сопротивлениями от общего «минусового» провода. Такое изменение легко произвести в схемах фотовспышек типа «Луч». Для фотовспы-

шек типа ЭВ-1 при этом необходимо изолировать корпус фотовспышки и ручку переключателя *П* (рис. 2).

Значительно более надежной мерой, полностью устраняющей опасность поражения электротоком, является применение разделительных трансформаторов. Подобная схема выпрямителя приведена на рис. 11. Ввиду весьма малого потребления мощности от трансформатора *Тр* габариты его могут быть невелики.

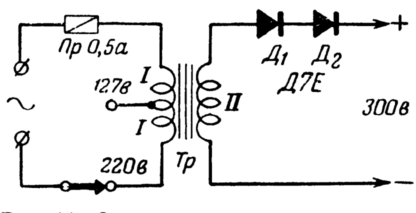


Рис 11. Схема выпрямителя для питания фотовспышек от электросети.

Размеры сердечника трансформатора в основном определяются необходимостью размещения значительного количества витков обмоток. Трансформатор *Тр* выполнен на сердечнике сечением 16×17 *мм*. Сетевая обмотка *I* содержит 2 900 витков провода ПЭЛ 0,12 с отводом от 1 700-го витка для включения на 127 *в*. Вторичная обмотка *II* выполнена проводом ПЭЛ 0,1 и имеет 3 000 витков.

ГЛАВА ВТОРАЯ

СИНХРОНИЗАЦИЯ ВСПЫШЕК ИМПУЛЬСНЫХ ЛАМП

10. СИНХРОНИЗАЦИЯ С РАБОТОЙ ЗАТВОРА ФОТОАППАРАТА

Использование импульсных ламп для освещения объекта фотосъемки возможно лишь при условии точной синхронизации их вспышек с моментами раскрытия затвора фотоаппарата. С этой целью большинство современных фотоаппаратов снабжается специальными синхроконтактами, включающими импульсную лампу в необходимый момент.

Включение ламп возможно и с помощью иных синхронизирующих устройств, важно лишь, чтобы вспышка происходила в то время, когда затвор фотоаппарата раскрыт. Очевидно, что нарушение этого условия приведет к тому, что свет лампы не будет использован.

Возможности применения импульсных фотоосветителей и требования к синхронизирующим устройствам целиком определяются характером работы фотографических затворов. В этой связи полезно рассмотреть принцип действия и

особенности двух наиболее распространенных затворов: шторного и центрального.

Первый из них применяется в таких общеизвестных фотоаппаратах, как ФЭД, «Зоркий», «Зенит» и др. Затвор монтируется внутри фотокамеры и состоит из двух светонепроницаемых шторок и механизма, приводящего их в движение. Шторки располагаются вблизи кадрового окна, закрытого в нерабочем состоянии затвора одной из них.

Во время экспонирования шторка, заслонявшая фотокадр, приводится в движение и, двигаясь параллельно его плоскости, открывает светочувствительный слой. Спустя некоторое время начинает двигаться вторая шторка, закрывающая при своем движении кадровое окно. Двигаясь с равными скоростями, шторки образуют щель, которая пробегает вдоль всего кадра. Ширина этой щели и определяет выдержку как время, в течение которого каждая точка фотографической эмульсии оказывается открытой для доступа света. При смене положения регулятора выдержек ширина щели меняется, в то время как скорость движения шторок в большинстве случаев остается неизменной.

Таким образом, экспонирование фотокадра производится путем последовательной его засветки, причем в отрезок времени, чаще всего постоянный и всегда бо́льший, чем сама выдержка. Одновременный же доступ света ко всем точкам фотокадра возможен лишь при ширине щели, большей соответствующего размера кадра.

Для большинства фотоаппаратов такое положение имеет место только при выдержках 1/20—1/25 *сек* в течение времени, когда первая шторка открыла целиком весь кадр, а вторая еще не начинала своего движения. Ширина щели при таких выдержках оказывается несколько большей длины фотокадра, благодаря чему последний некоторое время остается полностью открытым.

Это время, называемое временем полного раскрытия затвора, в сравнении с выдержкой очень мало (порядка 1/150—1/200 *сек*). В отдельных фотоаппаратах кадр открывается полностью на выдержках 1/50 *сек*, а дальнейшее увеличение их достигается задержкой движения закрывающей шторки. В этих случаях время полного раскрытия затвора больше указанного, и оно растет с увеличением выдержки.

Описанный характер действия шторных затворов неудобен для совместной работы с импульсными лампами. Длительность вспышки значительно меньше времени действия

затвора (не выдержки!), и поэтому вспышка должна происходить и заканчиваться во время полного его раскрытия, что возможно для большинства фотоаппаратов на выдержках 1/20—1/25 *сек.* Применение более коротких выдержек исключается, так как при этом окажется экспонированной лишь более или менее узкая полоска кадра. Увеличение выдержек больше 1/25 *сек* не ограничено, напротив, в этих случаях синхронизация вспышки облегчается.

Важными преимуществами в отношении использования коротких выдержек обладает затвор центрального типа. Затвор состоит из нескольких (чаще всего трех) светонепроницаемых лепестков, смонтированных в объективе фотоаппарата. Лепестки расположены между линзами объектива симметрично относительно действующего отверстия и заслоняют собой последнее в нерабочем состоянии затвора.

Во время экспонирования лепестки раздвигаются, пропуская свет в фотокамеру. В отличие от шторных затворов доступ света в этом случае открывается одновременно ко всем точкам экспонируемого фотослоя. Однако лепестки не могут раздвинуться мгновенно, и проходит некоторое время, прежде чем действующее отверстие объектива, расширяясь, достигнет полного раскрытия. Определенное время затрачивается и на обратное движение лепестков.

Временем полного раскрытия для затворов центрального типа считается период, в течение которого действующее отверстие объектива максимально и ограничивается только величиной диафрагмы. Это время во всех случаях меньше указываемого регулятором выдержек и всего времени действия затвора. Тем не менее при любых, даже самых коротких, выдержках объектив на некоторое время открывается полностью, а экспонирование производится одновременно по всей площади фотокадра.

Благодаря этому, применяя фотоаппараты с центральными затворами («Смена», «Юность», «Москва» и др.), можно фотографировать с импульсными лампами при любых выдержках, вплоть до самых коротких. Важно лишь обеспечить точное совпадение вспышки с моментом полного раскрытия затвора. При нарушении этого свет лампы будет использоваться лишь частично и снимок окажется недодержанным.

Высокая точность работы синхронизирующих контактов, встроенных в фотоаппараты, достигается тем, что замыкание их производится одной из движущихся деталей затвора. Срабатывание синхроконтактов происходит в мо-

мент, когда открывающая шторка или лепестки центрального затвора закончат свое движение.

Характер действия синхроконтактов в различных фотоаппаратах может быть различен. Одни из них замыкаются, например, лишь на короткое время (порядка 0,02—0,05 *сек*), а длительность замыкания других определяется временем нажатия на спусковую кнопку затвора. Имеются и синхроконтакты, остающиеся замкнутыми при спущенной пружине затвора и размыкающиеся лишь при повторном его взводе.

Синхроконтакты, предназначенные для включения импульсных ламп, получили название нулевых, поскольку они рассчитаны на зажигание лампы без задержки. Однако применение при фотосъемках находят и лампы-вспышки одноразового действия. Такая лампа представляет собой колбу, наполненную кислородом, в которой вместе с нитью накаливания помещена тонкая алюминиевая фольга. При нагревании нити электрическим током фольга поджигается и сгорает с выделением сильного света.

Световой поток, излучаемый лампой-вспышкой одноразового действия, нарастает сравнительно медленно и достигает максимума лишь спустя 20—30 *мсек* после ее включения. Ввиду этого синхроконтакты для включения одноразовых вспышек должны замыкаться несколько раньше раскрытия затвора. Время упреждения в их срабатывании равно времени разгорания фольги и составляет 20—30 *мсек*.

Часть фотоаппаратов снабжается синхроконтактами как той, так и другой группы. У отдельных фотоаппаратов имеется регулятор, позволяющий изменять время упреждения в срабатывании контактов от 0 до 25 *мсек*, что позволяет применять как одноразовые вспышки, так и импульсные лампы.

11. СХЕМЫ ЗАДЕРЖКИ ВСПЫШКИ

Ряд ранее выпущенных фотоаппаратов снабжен синхроконтактами для съемок только с одноразовыми лампами-вспышками. Это исключает съемку с импульсными лампами, так как вспышки их при таком включении не будут совпадать с моментами полного раскрытия затвора. Описываемые ниже схемы задержки вспышки после срабатывания синхроконтактов позволяют с достаточной точностью синхронизировать ее с работой затвора и могут быть использованы при конструировании и переделке электронных фотовспышек.

Схема фотовспышки, изображенная на рис. 12, отличается от обычной тем, что накопительный конденсатор C_2 в цепи поджига импульсной лампы $Л_3$ отделен от «минусового» провода и начинает заряжаться лишь с момента замыкания синхроконтактов *СК* фотоаппарата. Постоянная времени этой цепи выбрана так, чтобы заряд конденсатора C_2 до напряжения зажигания неоновой лампы $Л_2$ происхо-

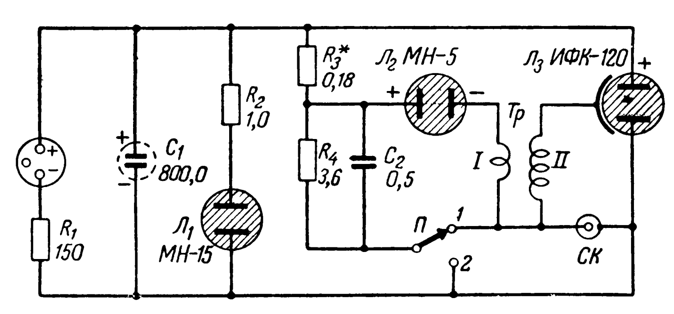


Рис. 12. Схема фотовспышки задержанного действия.

дил в течение 20—30 *мсек*, составляющих время упреждения в работе синхроконтактов.

Таким образом, вспышка будет происходить позже срабатывания синхроконтактов и при правильном выборе постоянной времени R_3C_2 будет совпадать с моментом полного раскрытия затвора.

Время запаздывания вспышки

$$t = 2{,}3R_3C_2 \lg \frac{U_0}{U_0 - U_1},$$

где t — время, *сек*;

R_3 — сопротивление, *Мом*;

C_2 — емкость, *мкф*;

U_0 — напряжение источника питания, *в*;

U_1 — напряжение зажигания лампы $Л_2$, *в*.

Влияние на время задержки сопротивления R_4, предназначенного для полного разряда конденсатора C_2 после срабатывания схемы, невелико и в приведенной формуле не учитывается.

В тех случаях, когда синхроконтакты фотоаппарата после съемки остаются замкнутыми, во избежание повторного действия схемы необходимо тотчас же взвести затвор.

В положении *2* переключателя *П* фотовспышка может быть использована с фотоаппаратами, имеющими синхро-

контакты без упреждения. Для получения несинхронной вспышки, т. е. независимой от срабатывания синхроконтактов, переключатель *П* переводится из положения *2* в положение *1*. Вспышка происходит в момент замыкания контактов переключателя, так как конденсатор C_2 перед этим был заряжен до напряжения, превышающего потенциал зажигания лампы $Л_2$.

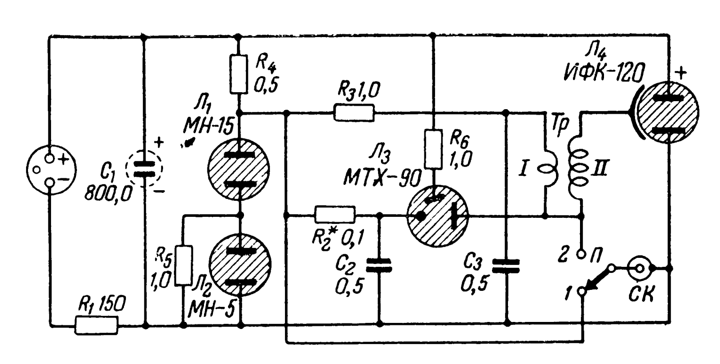


Рис. 13. Схема фотовспышки задержанного действия с безнакальным тиратроном.

Заряд конденсатора C_2 при работе схемы производится от общего питающего напряжения, что делает время задержки зависимым от изменения последнего. Снижение этого напряжения с 300 до 250 *в* увеличивает время задержки примерно в 1,2 раза. Для того чтобы гарантировать совпадение вспышки с моментом полного открытия затвора (учитывая и возможное изменение потенциала зажигания неоновой лампы $Л_2$), длительность его должна составлять примерно 0,01—0,015 *сек*. При понижении напряжения источника до 240—250 *в* это время должно быть увеличено до 0,02—0,03 *сек*. В фотоаппаратах с центральными и усложненными шторными затворами эти требования вполне удовлетворяются на выдержках 1/20—1/10 *сек*.

Для фотоаппаратов, синхроконтакты которых остаются включенными после съемки, лучше применить схему задержки, приведенную на рис. 13. В этой схеме возможность повторной вспышки при замкнутых синхроконтактах исключается, благодаря чему отпадает надобность в немедленном взводе затвора.

Для пропускания импульса тока через первичную обмотку *I* трансформатора *Тр* используется безнакальный

тиратрон $Л_3$. Нарастание напряжения на электродах тиратрона происходит за счет увеличения разности напряжений на конденсаторах C_2 и C_3 при разряде их с различными постоянными времени.

В перерывах между съемками конденсаторы C_2 и C_3 заряжаются через сопротивления R_2 и R_3 до напряжения горения последовательно включенных неоновых ламп $Л_1$ и $Л_2$. Это напряжение составляет 230—250 *в* и превышает потенциал зажигания тиратрона. Однако разность потенциалов на электродах тиратрона равна нулю, и зажигание его не происходит.

В момент срабатывания синхроконтактов общая точка сопротивлений R_2 и R_3 соединяется с минусовым проводом и начинается разряд конденсаторов C_2 и C_3. Скорости разряда конденсаторов различны, так как различны величины сопротивлений R_2 и R_3. Напряжение на конденсаторе C_2 будет падать быстрее, и разность напряжений между электродами тиратрона $Л_3$ будет увеличиваться. Очевидно, что зажигание тиратрона произойдет в момент, когда разность напряжений на конденсаторах C_2 и C_3 достигнет потенциала его зажигания.

Задавшись величинами C_2, C_3, R_3 и изменяя величину сопротивления R_2, можно изменять скорость разряда конденсатора C_2 и тем самым время задержки зажигания тиратрона $Л_3$. Постоянную времени R_3C_3 желательно выбирать наибольшей, но так, чтобы конденсатор C_3 успевал полностью зарядиться в перерывах между съемками, т. е. в течение 5—7 *сек.*

Время задержки в схеме на рис. 13 благодаря некоторой стабилизации зарядного напряжения почти не зависит от изменения общего питающего напряжения. Роль стабилизатора выполняют соединенные последовательно неоновые лампы $Л_1$ и $Л_2$. Неоновая лампа $Л_1$ служит одновременно и индикатором готовности фотовспышки к действию и размещаются против отверстия в корпусе последней.

При съемках фотоаппаратами с нулевыми синхроконтактами, т. е. для работы схемы без запаздывания, переключатель *П* переводится в положение *2*. Замыкание синхроконтактов *СК* в этом случае создает цепь для разряда конденсатора C_3 через первичную обмотку *1* трансформатора *Тр*, минуя тиратрон $Л_3$.

Наладка схем задержки заключается в подборе величин сопротивлений R_3 для схемы на рис. 12 и R_2 для схемы на рис. 13.

12. ВКЛЮЧЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ЛАМП

Преимущества использования импульсных ламп при моментальной съемке в значительной степени снижаются за счет своеобразного характера освещения, создаваемого ими. Освещение объекта съемки только одной фотовспышкой (особенно расположенной на фотоаппарате) приводит к потере выразительности снимка. Последний становится плоским, появляются случайные резкие тени.

Избежать этого можно, применяя несколько раздельно расположенных фотовспышек. Разумеется, срабатывание их должно происходить одновременно и синхронно с открытием затвора фотоаппарата. Это легко получить, присоединив параллельно провода, идущие от фотовспышек к синхроконтактам.

Однако применение даже двух самостоятельных фотовспышек не всегда желательно, тем более что световая энергия и одной из них зачастую излишне велика. В этих случаях удобно использовать дополнительную импульсную лампу, подключая ее к основной фотовспышке и располагая на некотором расстоянии от последней. При этом оказывается необходимым лишь один источник питающего напряжения. Следует, однако, учесть, что питание самих импульсных ламп должно производиться от отдельных накопительных конденсаторов. Включение ламп параллельно к одному конденсатору не только лишает возможности регулировать распределение энергии между лампами, но и делает работу их ненадежной. При разнице в параметрах одна из ламп может не зажигаться совсем.

В электронных фотовспышках, содержащих лишь один накопительный электролитический конденсатор типа ЭФ, включение дополнительной импульсной лампы может осуществляться по схеме, показанной на рис. 14. Это оказывается возможным благодаря тому, что указанный конденсатор емкостью 800 *мкф* состоит из двух конденсаторов C_1 и C_2 емкостью примерно по 400 *мкф* каждый с самостоятельными «плюсовыми» выводами (в обычных случаях они соединены между собой).

Дополнительная импульсная лампа $Л_3$ включается с помощью штепсельного разъема *Ш*, изготовленного из октальной ламповой панельки и соответствующего ей цоколя лампы. Применение разъема такой конструкции одновременно дает возможность и регулировать ведущее число фотовспышки при использовании только одной основной лампы.

В положении *1* разъема *Ш* включены обе лампы, а в положении *2* работает одна основная. При этом конденсаторы C_1 и C_2 соединены перемычкой между штырьками *1* и *7* и ведущее число фотовспышки имеет номинальное значение. При вставлении подвижной части разъема в положение *3*

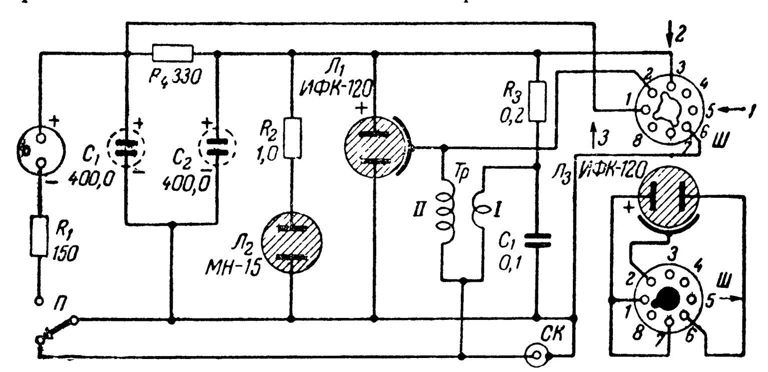


Рис 14. Схема фотовспышки с двумя импульсными лампами.

(или удалении ее) основная импульсная лампа $Л_1$ оказывается подключенной лишь к одному конденсатору. Энергия вспышки при этом равна половине номинальной, и ведущее число уменьшается в 1,4 раза.

При использовании двух ламп ведущее число несколько меньше, чем для одной при той же энергии вспышки, и зависит от качества рефлектора дополнительной лампы и направления светового потока от нее.

Соединение импульсной лампы $Л_3$ с основным устройством производится трехпроводным кабелем. При выборе его следует учитывать, что значительная длина и малое сечение жил кабеля могут уменьшить световую энергию вспышки. Имеет значение и емкость, образуемая жилой, передающей высоковольтный импульс, с двумя остальными. При большой емкости высоковольтный импульс может быть ослаблен и недостаточен для зажигания ламп. В этом случае емкость конденсатора C_3, питающего общий для ламп импульсный трансформатор *Тр*, следует увеличить.

В электронных фотовспышках, содержащих подобно фотовспышкам «Луч-57» и «Луч-59» два накопительных конденсатора и переключатель емкости, необходимые переделки чрезвычайно упрощаются. Для включения дополнительной лампы используется панелька имеющегося переключателя. Это дает возможность регулировать энергию

вспышки при съемках как с одной, так и с двумя лампами. Соответствующим образом измененная схема фотовспышки «Луч-59» приведена на рис. 15.

Выбор диафрагмы при съемках с двумя импульсными лампами производится в зависимости от взаимного их рас-

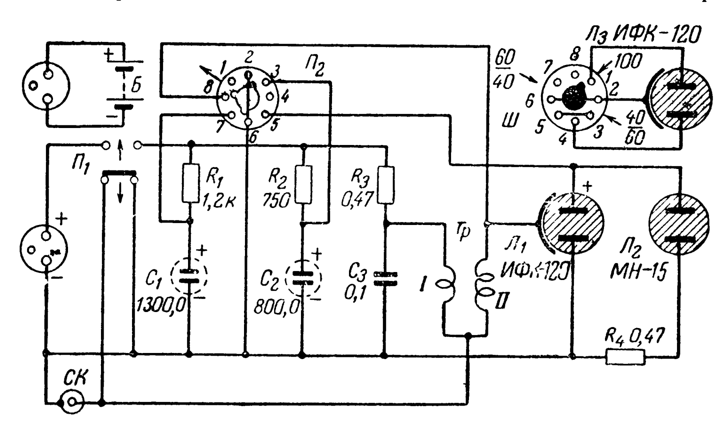


Рис. 15. Схема фотовспышки „Луч-59“ с двумя импульсными лампами.

положения. При использовании дополнительной лампы для освещения фона или создания контрового освещения она может в расчет не приниматься совсем. Напротив, при близком расположении ламп без большой ошибки можно ориентироваться по ведущему числу для суммарной энергии вспышек двух ламп.

13. ИМПУЛЬСНЫЙ СВЕТОСИНХРОНИЗАТОР ДЛЯ ФОТОВСПЫШЕК

Применение в дополнительных фотоосветителях отдельных импульсных ламп возможно при длине соединительного кабеля не более 3—4 *м*. При необходимости большего удаления осветителя в качестве его приходится использовать самостоятельную фотовспышку. Однако синхронизация работы двух, а тем более нескольких раздельно расположенных фотовспышек, обычными способами затруднена.

Очень удобно в этих случаях использовать специальные устройства, реагирующие на свет одной фотовспышки, принятой за основную и связанной с синхроконтактами фотоаппарата. Применение таких устройств, которые могут быть

названы светосинхронизаторами, позволяет расположить несколько фотовспышек на значительном расстоянии друг от друга, совершенно не стесняя при этом действий фотографа.

Описываемый ниже импульсный светосинхронизатор выполнен в виде приставки и предназначен для включения в фотовспышки ЭВ-1, «Луч-57» и «Луч-59». Принципиальная схема его в соединении с фотовспышкой ЭВ-1 изображена на рис. 16. Соединение осуществляется кабелем,

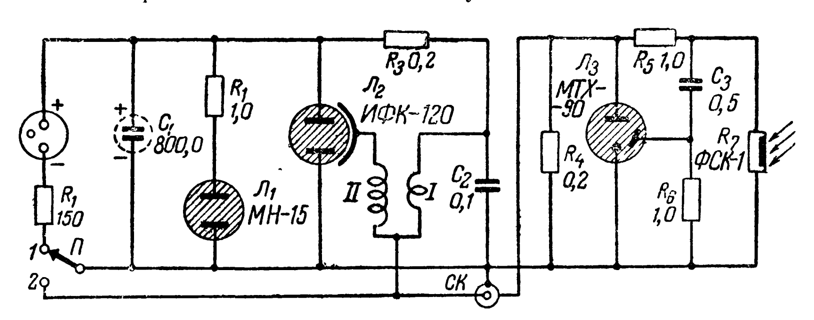


Рис 16 Схема импульсного светосинхронизатора в соединении с фотовспышкой ЭВ-1.

в обычном случае идущим к гнезду синхроконтактов, работу которых светосинхронизатор по существу заменяет.

Несмотря на чрезвычайную простоту схемы, светосинхронизатор обладает высокими качествами. Он обеспечивает синхронизацию вспышек на расстоянии до нескольких десятков метров, сохраняя свою работоспособность в довольно широком интервале освещенностей объекта съемки другими источниками света.

Принцип работы схемы основан на том, что при освещении фотосопротивления R_7 уменьшается величина его сопротивления, что приводит к зажиганию безнакального тиратрона $Л_3$. Зажигание последнего создает цепь для разряда конденсатора C_2 через первичную обмотку *1* импульсного трансформатора *Тр*, что эквивалентно замыканию на короткое время обычных синхроконтактов.

Зажигание тиратрона $Л_3$ возможно лишь в том случае, когда напряжение на аноде превышает потенциал его зажигания, или при подаче на стартовый электрод тиратрона управляющего импульса. Благодаря делителю напряжения, образованному сопротивлениями R_4 и R_5, напряжение на аноде тиратрона недостаточно для зажигания, а на-

пряжение на участке катод — стартовый электрод после заряда конденсатора C_3 независимо от освещенности фотосопротивления R_7 равно нулю.

В момент резкого увеличения освещенности за счет света основной фотовспышки фотосопротивление R_7 уменьшает свою величину. Потенциал общей точки сопротивлений R_5 и R_7 падает, и напряжение на конденсаторе C_3 оказывается почти целиком приложенным к участку катод — стартовый электрод тиратрона. В результате этого между указанными электродами происходит разряд, ведущий к зажиганию тиратрона и вспышке импульсной лампы $Л_2$.

Зажигание тиратрона может произойти лишь при резком (не обязательно значительном) приращении освещенности практически независимо от ее первоначального значения. В частности, в условиях обычного комнатного освещения срабатывание схемы происходит от света зажигающейся вблизи спички.

Описанный принцип действия светосинхронизатора устраняет необходимость предварительной его регулировки перед съемкой в зависимости от освещенности объекта другими источниками света. Это делает светосинхронизатор очень удобным в работе.

Следует отметить, что способ зажигания тиратрона в данной схеме несколько необычен. Принято зажигание его производить положительным импульсом, подаваемым на стартовый электрод. В связи с этим казалось бы правильнее сопротивления R_5 и R_7 взаимно поменять местами. Однако в этом случае схема становится реагирующей не на увеличение, а на уменьшение или пропадание света. Такая схема также может найти применение в ряде случаев автоматизации работы фотовспышки.

Монтаж светосинхронизатора производится в пластмассовой коробке с отверстием для светочувствительного слоя фотосопротивления. Последнее для защиты от прямого света сильных источников помещается на углублении 5—6 *мм*. Для подключения к фотовспышке светосинхронизатор снабжается штеккерным гнездом, аналогичным гнезду синхроконтактов на фотоаппарате.

Наладка схемы заключается в подборе сопротивления R_4, величина которого зависит от потенциала зажигания тиратрона и величины сопротивления R_3 в схеме фотовспышки. Если зажигание тиратрона происходит при затемненном фотосопротивлении, то величину сопротивления R_4 надо уменьшить. Отсутствие поджига при открывании

(или освещении) фотосопротивления R_7 требует увеличения величины сопротивления R_4.

Схему светосинхронизатора удобно вмонтировать в корпус фотовспышки. В этом случае сопротивление R_5 следует включить к общему «плюсовому» проводу, оставив остальную часть схемы без изменений. Чувствительность светосинхронизатора при таком включении возрастает.

При пользовании светосинхронизатором его направляют на объект съемки, а при возможности на основную фотовспышку, не допуская при этом попадания прямого света от сильных постоянно включенных источников на светочувствительный слой фотосопротивления.

14. ФОТОВСПЫШКА СО СВЕТОСИНХРОНИЗАТОРОМ

На рис. 17 изображена схема фотовспышки, в состав которой входит светосинхронизатор. Коммутирующим элементом в цепи зажигания импульсной лампы $Л_3$ служит тиратрон $Л_2$. Наличие тиратрона с накаливаемым катодом определяет и основной вид питания всего устройства — от

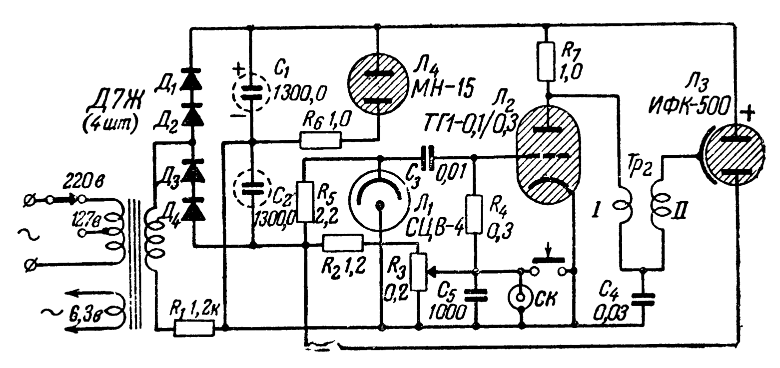


Рис. 17. Схема фотовспышки со светосинхронизатором

сети переменного тока. Ввиду этого фотовспышку целесообразно использовать как дополнительный мощный источник света при съемках в больших помещениях.

Напряжение электросети трансформируется до 220 *в* и с помощью диодов $Д_1$—$Д_4$ заряжает конденсаторы C_1 и C_2 (напряжение заряда их равно 300 *в*). Эти конденсаторы соединены между собой последовательно, благодаря чему напряжение питания импульсной лампы $Л_3$ составляет примерно 600 *в*, что обеспечивает энергию вспышки порядка 120 *дж*.

Зажигание лампы $Л_3$ происходит в момент пропускания тиратроном $Л_2$ тока через первичную обмотку *I* трансформатора $Тр_2$. В обычном состоянии схемы тиратрон $Л_2$ закрыт отрицательным напряжением, приложенным к его управляющей сетке. Это напряжение снимается с делителя R_2R_3 и подается на сетку через сопротивление R_4. Для облегчения выбора оптимального значения запирающего напряжения (35—40 *в*) сопротивление R_3 переменное.

С помощью конденсатора C_3 сетка тиратрона соединена с нагрузочным сопротивлением R_5 вакуумного фотоэлемента $Л_1$. В момент вспышки основного фотоосветителя ток через фотоэлемент увеличивается и на сопротивлении R_5 выделяется положительный импульс напряжения. Вследствие этого потенциал управляющей сетки тиратрона повышается и происходиг зажигание его. При этом ток разряда конденсатора C_4 происходит через обмотку *I* трансформатора $Тр_2$ и образует на обмотке *II* импульс, зажигающий лампу $Л_3$.

При использовании фотовспышки в качестве основной управление ее работой производится синхроконтактами, включаемыми в гнездо *СК*. В момент замыкания синхроконтактов шунтируется сопротивление R_3, вследствие чего потенциал сетки тиратрона становится равным потенциалу его катода. Этого достаточно для зажигания тиратрона, поскольку пусковая характеристика его отрицательна (зажигание происходит в области отрицательных напряжений на управляющей сетке).

Наладка схемы заключается в выборе положения подвижного контакта потенциометра R_3. Напряжение, снимаемое в этой точке, должно обеспечивать надежное запирание тиратрона; в то же время значение его не должно быть излишне велико, чтобы при резком увеличении освещенности фотоэлемента тиратрон мог зажечься.

Емкостная связь между фотоэлементом и тиратроном исключает надобность регулировки в зависимости от общей освещенности помещения. Однако потребность в регулировке может возникнуть в процессе эксплуатации фотовспышки вследствие возможного изменения параметров тиратрона.

Конструкция фотовспышки может быть различной. Важно лишь предусмотреть возможность поворота фотоэлемента на свет основного осветителя. С этой целью фотоэлемент удобно смонтировать в поворотном колпаке с от-

верстием, расположив его над основным корпусом фотовспышки.

Трансформатор питания $Тр_1$ собран на Ш-образном сердечнике сечением 22×33 *мм*. Сетевая его обмотка состоит из 1 320 витков провода ПЭЛ 0,12 с отводом от 665-го витка, повышающая обмотка — из 1 290 витков того же провода, а накальная обмотка — из 40 витков ПЭЛ 0,51. Можно использовать и готовые трансформаторы от радиовещательных приемников «Стрела», «Рекорд-53» и др.

Импульсный трансформатор $Тр_2$ выполняется без сердечника на оправке диаметром 6 *мм*. Первичная обмотка *I* состоит из 30 витков провода ПЭЛ 0,51, а вторичная *II* — из 3 000 витков ПЭШО 0,07.

15. СХЕМА ЗАЖИГАНИЯ НА ТРАНЗИСТОРАХ

Кроме газоразрядных приборов в схемах автоматиче ского зажигания импульсных ламп могут использоваться транзисторы. По долговечности и надежности работы в подобных схемах они не уступают безнакальным тиратронам и намного превосходят в этом отношении неоновые лампы.

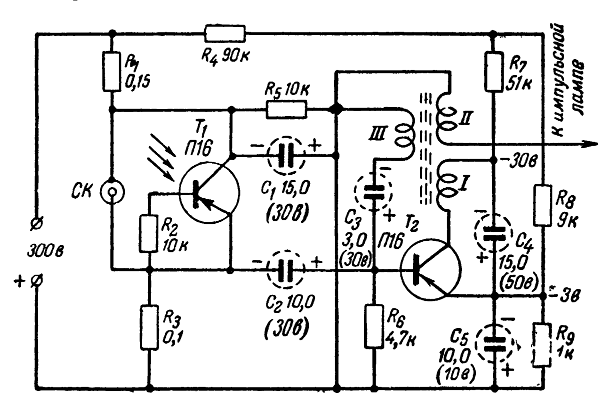


Рис. 18. Схема светосинхронизатора на транзисторах.

Немаловажным преимуществом транзисторов по сравнению с первыми является способность их реагировать на управляющие импульсы малого напряжения.

Особенности электронных процессов в транзисторах не позволяют построить с их применением простые аналоги схем на газоразрядных приборах. На рис. 18 приведена схема светосинхронизатора, полностью собранного на тран-

зисторах. Один из них — T_2 служит для создания с помощью трансформатора *Тр* высоковольтного импульса. В отличие от ранее рассмотренных схем в трансформаторе *Тр* имеется обмотка обратной связи *III*, и схема представляет по существу блокинг-генератор, работающий в ждущем режиме.

Запуск блокинг-генератора происходит в момент поступления светового импульса на транзистор T_1. Последний в описываемой схеме используется в качестве светочувствительного элемента. С этой целью металлический колпачок его удален и заменен прозрачным пластмассовым.

Наибольшая светочувствительность получается при освещении эмиттерного перехода транзистора. В этом случае ток, образующийся при попадании света на кристалл германия, проходит по базовой цепи и вызывает усиленный ток коллектора. Импульс напряжения, выделяющийся на сопротивлении R_3 в эмиттерной цепи транзистора T_1, служит для запуска блокинг-генератора; через конденсатор C_2 он передается в цепь базы транзистора T_2.

В момент прихода управляющего импульса ток коллектора транзистора T_2 растет, что благодаря наличию положительной обратной связи приводит к лавинообразному характеру процесса. Скорость изменения тока в коллекторной цепи такова, что, несмотря на сравнительно невысокий коэффициент трансформации трансформатора *Тр*, импульс напряжения на его обмотке *II* достаточен для надежного зажигания импульсной лампы.

Благодаря тому, что запускающий импульс поступает на базу транзистора T_2 через разделительный конденсатор, схема оказывается нечувствительной к уровню общей освещенности объекта фотосъемки.

При управлении схемой непосредственно от синхроконтактов последние включаются в гнездо *СК*.

Величины деталей, входящих в схему, весьма некритичны и не нуждаются в подборе. Исключение составляет гасящее сопротивление R_4, которое должно выбираться так, чтобы транзистор T_2 был надежно заперт, а напряжение на его коллекторе не превышало допустимое для используемого типа.

Трансформатор *Тр* выполняется на тороидальном сердечнике из оксифера с начальной проницаемостью 1 000—2 000 *гс/э*. Наилучшие результаты достигаются при использовании в качестве сердечника двух колец диаметром 20/10 *мм*. Обмотки *I* и *III* наматываются проводом МГТФ

(монтажный с тефлоновой изоляцией) сечением 0,1 *мм*² и содержат по 15 витков. Можно использовать и другой провод, но тогда, возможно, потребуется дополнительная изоляция между обмотками. Повышающая обмотка *II* наматывается проводом ПЭВ 0,09—0,1 и состоит из 1 500—1 600 витков.

В целях уменьшения габаритов трансформатор можно собрать на торах меньшего диаметра, например 17/8 *мм*. Обмотки *I* и *III* в этом случае должны содержать по 10 витков, а обмотка *II* — 1 000 витков провода указанных выше марок.

16. СИНХРОНИЗАЦИЯ ПРИ ПИТАНИИ ИМПУЛЬСНЫХ ЛАМП ОТ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Как уже упоминалось, импульсные лампы могут включаться непосредственно к мощному источнику тока, в частности в осветительную сеть переменного тока. При таком способе питания отпадает надобность в громоздких накопительных конденсаторах, благодаря чему габариты и вес фотовспышек уменьшаются. Кроме того, перерывы между вспышками, независимые в этом случае от времени заряда накопительного конденсатора, могут быть сокращены; они определяются лишь условиями, при которых средняя мощность, рассеиваемая в лампе, не превышает допустимую.

Принцип работы подобных схем сводится к тому, что высоковольтный зажигающий импульс подается к лампе в тот момент, когда сетевое напряжение достигло или превысило значение, при котором лампа может зажечься. В лампе возникает разряд, продолжающийся, пока питающее напряжение не снизится до напряжения погасания лампы. Рост мгновенного значения напряжения в последующие периоды к возобновлению разряда не приводит, так как для этого необходим повторный зажигающий импульс. Длительность вспышки в таких условиях равна примерно четверти периода колебаний сетевого напряжения и при частоте 50 *гц* составляет 1/150—1/200 *сек*.

Очевидно, что вспышка должна происходить при полностью раскрытом затворе фотоаппарата. Однако время полного раскрытия затвора ввиду такой продолжительности вспышки должно быть больше обычного. Нарушение этого в случае съемки с центральным затвором приведет к неполному использованию световой энергии, а при использовании шторного затвора экспонирование кадра получится неравномерным. Действительно, даже при точном совпаде-

нии начала вспышки с окончанием движения открывающей шторки вследствие большой длительности вспышки, часть кадра будет получать освещение как при полностью открытых шторках, так и во время движения закрывающей шторки, когда другая часть его уже будет закрыта.

Для нормальной экспозиции кадра вспышка должна начинаться и заканчиваться при неподвижном состоянии шторок затвора, а время полного раскрытия его, исходя из этих соображений, должно быть не меньше 1/150 *сек.*

Однако срабатывание затвора может произойти при любом мгновенном значении сетевого напряжения, в том числе (и более вероятно) в моменты, когда лампа не может зажечься или зажигание ее нежелательно (имеются в виду значения напряжения, достаточные для зажигания лампы, но имеющие место в конце полупериода).

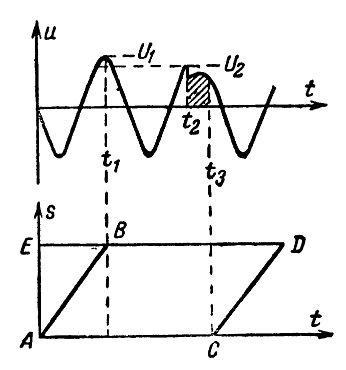


Рис 19. График напряжения на электродах импульсной лампы и диаграмма работы шторного затвора.

Наихудший случай показан на рис. 19. Синусоидальная кривая здесь изображает изменение сетевого напряжения во времени. Наклонные линии *AB* и *CD* показывают движение шторок затвора (*AB* — открывающей, *CD* — закрывающей). По вертикальной оси отложена длина пути шторок *AE*, т. е. длина кадра. Напряжение U_2 равно напряжению зажигания импульсной лампы. Заштрихованная часть синусоиды соответствует времени, в течение которого происходит вспышка.

Как показано на рис. 19, движение открывающей шторки закончилось в момент времени t_1, в этот же момент произошло и замыкание синхроконтактов фотоаппарата. Значение напряжения U_1 при t_1 достаточно для зажигания импульсной лампы, но некоторая часть полупериода уже прошла и, следовательно, длительность и световая энергия вспышки будут меньше возможных значений.

Вспышка в следующий, отрицательный полупериод напряжения затруднена, так как напряжение на аноде лампы в это время имеет обратную полярность.

Таким образом, зажигание лампы должно произойти в следующий положительный полупериод в момент t_2. Оче-

видно, что в течение всего этого времени затвор должен оставаться раскрытым, а движение закрывающей шторки должно начаться не ранее момента t_3. При этом время полного раскрытия, равное сумме задержки и длительности вспышки, должно быть не менее $1/50+1/150 \approx 1/40$ *сек.*

К сожалению, большинство затворов шторного типа при работе на выдержках 1/20—1/25 *сек* таким требованиям не отвечает. В случае применения усложненных шторных затворов съемка возможна на выдержках 1/10—1/15 *сек.* При съемке фотоаппаратами ФЭД, «Зенит» и т. п. надежное совпадение вспышки обеспечивается лишь при выдержках «от руки».

Надо сказать, что эффект моментальной съемки может быть сохранен и в этих случаях, несмотря на продолжительную выдержку. Для этого освещение объекта должно создаваться в основном за счет вспышки, а доля других, постоянно включенных источников света, не должна быть существенна.

Применение затворов центрального типа несколько упрощает съемку, однако и при них необходимо, чтобы выдержка (а лучше время полного раскрытия) были не меньше суммарного времени запаздывания и длительности вспышки.

Рассмотренные особенности работы импульсных ламп при питании переменным напряжением вынуждают использовать специальные схемы зажигания, обеспечивающие двойную синхронизацию вспышки. Поскольку для зажигания ламп обычно используется одиночный импульс высокого напряжения, он должен произойти точно в нужный момент. Для этого либо схема должна запомнить факт срабатывания синхроконтактов, либо длительность замыкания последних не должна быть меньше возможного запаздывания вспышки, т. е. 1/50 *сек.*

Схемные решения указанных требований могут быть различны. Примером является одна из первых промышленных фотовспышек подобного типа — электронная фотовспышка ЭВ-4 («Заря»).

17. ЭЛЕКТРОННАЯ ФОТОВСПЫШКА ЭВ-4 («ЗАРЯ»)

На рис. 20 изображена схема электронной фотовспышки ЭВ-4 с непосредственным питанием от электросети переменного тока. Импульсная лампа *Л*, используемая в этой фотовспышке, в отличие от обычных является объединением собственно импульсной лампы $Л_1$, импульсного транс-

форматора *Тр* и специального разрядника *Л*$_2$. Указанные элементы расположены в общем баллоне, снабженном для соединения с остальной схемой октальным цоколем. Перестановка баллона в панели обеспечивает переключение фотовспышки для работы с сетевым напряжением 127 или 220 *в*. Соединения в схеме на рис. 20 соответствуют включению в электросеть 127 *в*.

Принцип работы схемы заключается в следующем. При включении фотовспышки в электросеть конденсатор *С* за-

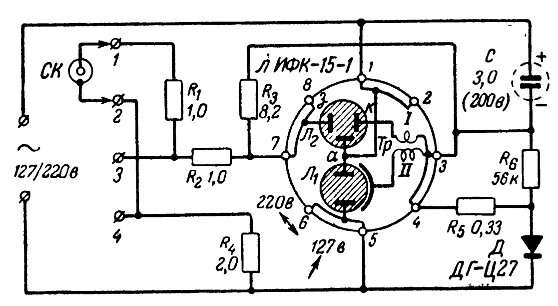


Рис. 20. Схема фотовспышки ЭВ-4.

ряжается через полупроводниковый диод *Д*. Ввиду наличия параллельно соединенных сопротивлений R_5 и R_6 процесс заряда конденсатора замедляется и длится примерно 2 *сек*. Напряжение на конденсаторе *С* через первичную обмотку *I* импульсного трансформатора *Тр* приложено к электродам разрядника *Л*$_2$. Однако зажигания последнего не происходит.

После замыкания синхроконтактов в фотоаппарате анод *а* и зажигающий электрод *з* разрядника через сопротивления R_1, R_2, R_4 оказываются соединенными с проводами электросети. В момент, близкий к максимуму сетевого напряжения, между электродами лампы *Л*$_2$ возникает тлеющий разряд, который вызывает пробой промежутка анод—катод. При этом на вторичной обмотке *II* импульсного трансформатора образуется напряжение, зажигающее лампу *Л*$_1$.

Сопротивление лампы *Л*$_1$ после ее зажигания составляет всего около 1,5 *ом*, благодаря этому проходящий ток достигает примерно сотни ампер. Величина тока в значительной степени зависит от сопротивления проводов питающей сети, поэтому в случае не вполне доброкачественной проводки интенсивность вспышки будет понижена. Равным

образом сказывается и использование различных маломощных переходных трансформаторов. Особое значение имеет надежность контактов в различных выключателях, предохранителях и т. п. Ввиду кратковременности импульса тока при вспышке сгорания плавких предохранителей не происходит, однако срабатывание малоинерционных электромагнитных предохранителей возможно

Для устранения перегрузки лампы при питании от электросети 220 *в* последовательно с фотовспышкой включается балластное сопротивление в 1,5 *ом*. Перестановка баллона лампы *Л* в панели при работе от электросети 220 *в* изменяет лишь включение сопротивления R_5. Последнее в этом случае оказывается подсоединенным параллельно диоду *Д*. Благодаря этому напряжение на конденсаторе *С* по сравнению с работой при напряжении электросети 127 *в* значительно не изменяется.

Сопротивления R_1, R_2 и R_4 служат для уменьшения тока через зажигающий электрод разрядника $Л_2$, момент зажигания которого зависит от величины этих сопротивлений. При работе с пониженным сетевым напряжением одно из них (сопротивление R_1) исключается и синхроконтакты соединяются с зажимами *3* и *4*.

При таком принципе работы схемы необходим точный подбор сопротивлений R_1, R_2 и R_4. И все же при нормальном и тем более повышенном напряжении в электросети вспышка возможна как в моменты, предшествующие максимуму напряжения, так и в следующие за ним моменты. Ввиду этого возникает вероятность получения ослабленных вспышек. По заводским нормам она составляет не более 20% (при нормальном напряжении электросети).

Наличие сопротивлений R_1, R_2 и R_4 является также мерой, устраняющей опасность поражения электрическим током. Синхроконтакты и корпус фотоаппарата в этом случае прямого соединения с электросетью не имеют. Однако при наличии заметной проводимости в полах помещения, в котором производится съемка, может возникнуть цепь, шунтирующая синхроконтакты, что приведет к нарушению нормальной работы схемы.

Как вытекает из принципа работы фотовспышки ЭВ-4, синхроконтакты фотоаппарата после срабатывания должны некоторое время оставаться замкнутыми. Длительность замыкания их должна быть не меньше возможности запаздывания вспышки, т. е. 1/50 *сек* и не больше времени, в течение которого заряжается конденсатор *С* Если к моменту

окончания повторного (после вспышки) заряда конденсатора C цепь зажигания разрядника $Л_2$ будет замкнута, то действие схемы повторится.

Достоинством фотовспышки ЭВ-4 являются чрезвычайно малые габариты и вес (последний составляет всего 250 *г*). При этом качества ее как осветительного прибора весьма высоки. Энергия вспышки при сетевом напряжении 127 и 220 *в* составляет 35 и 60 *дж*; значения ведущего числа соответственно равны 28 и 40.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ПРИБОРЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОТСЧЕТА ВЫДЕРЖКИ

18. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКСПОЗИЦИИ ПРИ ФОТОПЕЧАТИ

Фотопечать является заключительным этапом всего процесса получения фотографического изображения и во многом определяет успех его. Основную роль при фотопечати играет подбор фотобумаги к данному негативу и определение экспозиции. Немаловажно и требование точного повторения найденной оптимальной выдержки.

Электронные устройства позволяют автоматизировать эти процессы, сокращая при этом затраты времени и расход фотоматериалов. Широкое распространение получили электронные реле времени, автоматизирующие такую непроизводительную операцию, как отсчет выдержки. По существу, эти устройства являются электронными часами, в заданный момент выключающими лампу фотоувеличителя.

Более сложным является определение необходимой выдержки, и конструирование приборов такого назначения невозможно без знания элементарных основ теории фотографии. В связи с этим ниже рассматриваются основные законы, определяющие фотографическую экспозицию.

Прежде всего следует уточнить понятие экспозиции и выдержки. Под первым понимают общее количество освещения, воздействовавшее на фотоэмульсию, т. е. произведение освещенности на время действия света. Математически это выражается как

$$H = Et,$$

где H — экспозиция, *лк·сек*;

E — освещенность, *лк*;

t — время, *сек*.

В то же время понятие выдержки означает лишь продолжительность времени, в течение которого происходило экспонирование.

Часть светового потока, излучаемого источником, при экспонировании проходит через негатив и вызывает то или иное потемнение светочувствительного слоя фотобумаги. Отдельные участки негатива по-разному ослабляют световой поток, составляя так называемый интервал экспозиций. Ширина его зависит от контрастности негатива и должна соответствовать интервалу применимых экспозиций данной фотобумаги (ее контрастности).

Степень воздействия света на фотобумагу зависит от ее светочувствительности. Последняя измеряется величиной, обратной экспозиции, которая необходима для получения средней плотности потемнения отпечатка.

$$S = \frac{100}{H_{ср}},$$

где S — светочувствительность, ед. ГОСТ;

$H_{ср}$ — экспозиция, *лк·сек*.

Распространенное мнение, что номер контрастности фотобумаги выражает и ее чувствительность, не совсем верно. Поэтому градуировку различных электронных устройств для определения экспозиции по номерам контрастности производить нельзя.

Как видно из табл. 3, несоответствия по чувствительности возможны даже в пределах одного сорта. Тем более неправильно сравнивать подобным образом фотобумаги различных сортов.

Таблица 3

Светочувствительность фотобумаг

Номер по степени контрастности	Сорт бумаги			
	Унибром	Бромпортрет	Контабром	Фотоконт
	Светочувствительность, ед. ГОСТ			
1	1—8	Не ниже 2	Не ниже 0,4	0,4
2	2—9	То же	То же	0,4
3	3—10	»	»	0,4
4	3—10	»	»	0,2
5	3—10	»	»	0,2
6	0,5—2,5	»	»	0,05
7	0,5—2,5	»	»	0,05

Фабричные данные о светочувствительности на выпускаемой фотобумаге обычно не приводятся, может быть неизвестен и характер влияния на светочувствительность используемого проявителя. Исходя из этого, электронные экспонометры должны иметь корректирующий орган для учета реальных условий фотопечати. Последние легко выявляются при изготовлении нескольких пробных отпечатков на данном сорте фотобумаги.

Такая постановка вопроса значительно упрощает определение выдержки. Действительно, при смене негативов или изменении яркости источника света изменяется и освещенность фотобумаги. В случае проекционной фотопечати подобное действие оказывает и смена масштаба увеличения. Замеряя освещенность при пробном и последующих экспонированиях, можно судить и о величинах необходимых выдержек. Так, если нужные результаты были получены при освещенности E_1 и выдержке t_1, то новая выдержка t_2 при иной освещенности E_2 будет

$$t_2 = \frac{E_1}{E_2} t_1.$$

Например, увеличение освещенности в 2 раза требует уменьшить в 2 раза выдержку, чтобы величина экспозиции осталась без изменения.

Однако указанная зависимость довольно точно выдерживается лишь в ограниченном диапазоне изменения освещенности. При малых значениях последней величина необходимой выдержки увеличивается непропорционально. Оказывается, что потемнение, вызываемое действием света, зависит не только от общего количества его, но и от того, с какой интенсивностью производилось это освещение.

Приближенно можно считать, что с понижением освещенности светочувствительность фотобумаг падает, и тогда необходимо большее количество освещения (большая экспозиция) для создания прежней плотности потемнения. Величина необходимой выдержки в зависимости от изменения освещенности может быть найдена из выражения

$$t_2 = t_1 \left(\frac{E_1}{E_2}\right)^{\frac{1}{p}},$$

где p — показатель, зависящий от свойств фотоэмульсии и освещенности при фотопечати (величина p уменьшается с повышением контрастности фотобумаги и может быть в пределах 1—0,65).

Практически влияние этого эффекта очень сильно сказывается при печати слабым светом на контрастных фотобумагах и менее заметно для нормальных и мягких фотобумаг. В этом случае достаточно считать величину p изменяющейся вместе с освещенностью от 1 до 0,9—0,8. Если при печати плотных негативов каким-либо образом поддерживать неизменной, хотя бы примерно, освещенность фотобумаги, то влияние описанного эффекта исчезает. В подобных случаях определение выдержки или градуировка шкал электронных приборов может производиться на основании ранее указанной зависимости.

Методика измерения освещенности с помощью электронных устройств может быть различной. Для получения хорошего отпечатка необходимо, чтобы максимально возможное потемнение фотослоя соответствовало наиболее прозрачным местам негатива. Ввиду этого замеры освещенности должны происходить именно в этих его точках. Разумеется, что последние должны выбираться в сюжетно важных участках фотокадра. Подобные измерения обеспечивают наиболее точное определение необходимых выдержек.

Достаточно хорошие результаты, особенно при печати негативов с однообразными сюжетами, могут быть получены и при ориентировке выдержки на интегральную освещенность участка или всей площади фотокадра. Последний способ измерения освещенности привлекателен тем, что в этом случае отпадает надобность выбора точки или места измерения, благодаря чему легче осуществить полную автоматизацию работы электронного устройства.

19. ЭКСПОНОМЕТР С ВАКУУМНЫМ ФОТОЭЛЕМЕНТОМ

Измерение освещенности в приборах определения выдержки может производиться различными светочувствительными датчиками. Определенные преимущества дает использование вакуумных фотоэлементов. Отличительной особенностью их является наличие линейной зависимости между световым потоком, падающим на фотоэлемент, и током, проходящим через него. Величина фототока не зависит от питающего напряжения (если последнее превышает 50—60 *в*) и определяется лишь освещенностью и чувствительностью фотоэлемента.

Благодаря этому напряжение, выделяемое на нагрузочном сопротивлении, прямо пропорционально величине освещенности, что значительно облегчает расчет и градуировку

экспонометров. Напряжение (в вольтах), выделяемое на нагрузке,

$$U_ф = kEFR \cdot 10^{-4}$$

где k — интегральная чувствительность фотоэлемента, *мка/лм*;
E — освещенность, *лк*;
F — площадь светочувствительной поверхности фотоэлемента, *см*^{2};
R — сопротивление нагрузки, *Мом*.

Однако чувствительность вакуумных фотоэлементов весьма невысока (порядка 80 *мка/лм*). Это вынуждает использовать в нагрузках сопротивления до 50—100 *Мом*, а измерения производить с помощью специальных усилительных схем.

На рис. 21 приведена схема экспонометра с вакуумным фотоэлементом $Л_1$. Напряжение, выделяемое на нагрузоч-

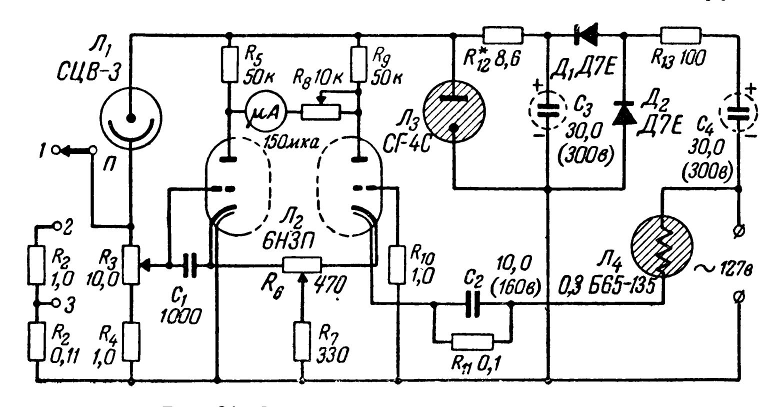


Рис. 21. Схема электронного экспонометра.

ных сопротивления R_3 и R_4, подается на вход усилителя постоянного тока, собранного по мостовой схеме на двойном триоде $Л_2$. При затемненном фотоэлементе анодные токи триодов этой лампы равны между собой. Поэтому разность напряжения между анодами равна нулю, и ток через стрелочный микроамперметр μA отсутствует.

Балансировка моста, т. е. установка стрелки микроамперметра на нуль, производится с помощью потенциометра R_6, в некоторых пределах изменяющего смещение на управляющих сетках триодов. Менее точное выравнивание анодных токов при наладке схемы может осуществляться изменением величины сопротивления R_5 или R_9. Однако это

нежелательно, и лучшие результаты получаются при подборе лампы $Л_2$ с идентичными параметрами обоих ее триодов.

Освещение фотоэлемента $Л_1$ вызывает ток в его цепи и повышение напряжения на управляющей сетке левого (по схеме) триода лампы $Л_2$. При этом анодный ток триода увеличивается и нарушение баланса моста приводит к возникновению тока через микроамперметр. Величина этого тока пропорциональна напряжению, выделяющемуся на нагрузочных сопротивления R_3 и R_4, а следовательно, и освещенности фотоэлемента.

Чувствительность всего устройства зависит от величины сопротивлений R_3 и R_4. Шунтируя их сопротивлениями R_1 и R_2, можно расширять диапазон измерений в 10 и 100 раз. Применение в качестве одного из нагрузочных сопротивлений потенциометра R_3 позволяет изменять чувствительность схемы независимо от положения переключателя *П*. Потенциометр R_3 используется как корректирующий элемент для учета светочувствительности фотобумаги. Ручка его снабжается шкалой с равномерными делениями от 1 до 10. Для получения градуировки, пропорциональной действительным единицам светочувствительности, делению 10 должно соответствовать нижнее (по схеме) положение его ползунка.

Потенциометр R_3 выполнен из переменного сопротивления типа СП на 4,7 *Мом*. Для увеличения его сопротивления до 10 *Мом* ширина проводящего слоя на подковке уменьшается примерно до 2 *мм*.

Для получения наибольшей стабильности работы схемы питающие напряжения понижены и стабилизированы. Анодное напряжение с помощью стабилитрона $Л_3$ поддерживается равным 150 *в*, а ток накала лампы $Л_2$, стабилизируемый бареттером $Л_4$, обеспечивает напряжение на нити накала примерно 5,5 *в* независимо от изменения сетевого напряжения.

Применение бареттера позволяет упростить схему и улучшить ее работу. Однако возможны и другие способы питания, в частности использование трансформатора. В этом случае напряжение накала лампы $Л_2$ должно быть также порядка 5—5,5 *в*.

Понижение питающих напряжений позволяет предотвратить появление ионного тока в цепи управляющей сетки левого триода лампы $Л_2$. Последнее возможно при недостаточном вакууме в лампе и будет особенно заметно ввиду значительной величины сопротивления R_3.

Микроамперметр, применяемый в схеме, должен иметь

чувствительность порядка 100—200 *мка*. Для отсчета освещенности используется равномерная шкала, деления которой будут пропорциональны величинам освещенности. Величины выдержек при этом рассчитываются на основании зависимостей, приведенных на стр. 49.

Проверив правильность показаний прибора при нескольких различных значениях освещенности, можно построить график изменения выдержки и проградуировать шкалу микроамперметра непосредственно в единицах времени. Очевидно, такая шкала в значительной степени упрощает определение выдержки при работе с экспонометром, однако изготовление ее довольно сложно.

В описываемом экспонометре использован стрелочный микроамперметр типа ИТ от прибора ТТ-1. Применение его позволяет избежать трудностей градуировки, поскольку для отсчета величины выдержки используется шкала омметра.

Зависимость выдержки от освещенности сходна с зависимостью тока от сопротивления в схеме омметра. Действительно, ток прибора $I_{пр}$ при неизменном напряжении батареи $U_б$ будет:

$$I_{пр} = \frac{U_б}{R_x + R_{доп}},$$

где R_x и $R_{доп}$ — величины измеряемого и дополнительного сопротивлений.

В свою очередь ток прибора в схеме экспонометра пропорционален освещенности E, которая связана с выдержкой t:

$$E = \frac{H}{t},$$

где H — величина, постоянная для данной светочувствительности фотобумаги.

С учетом разницы в приведенных выражениях отсчитываемая по шкале выдержка

$$t = k(n + n_{ср}),$$

где n — показание стрелочного прибора;

$n_{ср}$ — значение среднего деления на шкале (для микроамперметра ИТ равно 20);

k — множитель, зависящий от общей чувствительности экспонометра.

Таким образом, при установке ручки потенциометра R_3 в положение, соответствующее данным условиям фотопеча-

ти, выдержка (в секундах) должна быть: на первом поддиапазоне $t=n+20$, на втором $t=0,1n+2$ и на третьем $t=0,01n+0,2$.

Определение необходимого положения ручки потенциометра R_3 производится после изготовления пробных отпечатков. Фотоэлемент располагают в наиболее светлом участке проекции фотокадра и, вращая ручку потенциометра R_3, устанавливают стрелку микроамперметра так, чтобы указываемая выдержка совпадала с наилучшими результатами для пробных отпечатков. При этом (в случае первоначальной наладки схемы) чувствительность может регулироваться изменением величины сопротивления R_8.

Фотоэлемент помещается в пластмассовой коробке размерами $35\times70\times35$ *мм* с отверстием диаметром 6 *мм*. Увеличение отверстия приводит к повышению чувствительности экспонометра, но это нежелательно, так как при этом выбор нужной точки измерения освещенности затрудняется.

При монтаже прибора следует учитывать, что общий «минусовый» провод имеет соединение с одним из проводов электросети. Ввиду этого все металлические детали на передней панели экспонометра должны быть надежно изолированы.

20. ЭЛЕКТРОННЫЕ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ ДЛЯ ФОТОПЕЧАТИ

Процесс отсчета выдержки при фотопечати легко автоматизировать с помощью электронных устройств — так называемых реле времени. Принцип действия большинства подобных схем основан на свойстве конденсаторов накапливать электрический заряд.

Напряжение на конденсаторе при подключении его к источнику постоянного тока через сопротивление не может возрасти мгновенно. Нарастание напряжения происходит постепенно, подчиняясь следующему закону:

$$U_C=U_0\left(1-e^{-\frac{t}{RC}}\right),$$

где U_C — напряжение на конденсаторе, *в*;
U_0 — напряжение источника, *в*;
C — емкость конденсатора, *мкф*;
R — зарядное сопротивление, *Мом*;
t — время заряда, *сек*;
e — основание натуральных логарифмов, равное 2,73.

Противоположное явление происходит при шунтировании заряженного конденсатора, т. е. при разряде его через

сопротивление. В этом случае напряжение постепенно падает, но, как и при заряде, оказывается зависимым от времени, истекшего с момента начала процесса.

Таким образом, напряжение на конденсаторе может служить мерой времени, что и используется в различных радиотехнических схемах. Время заряда конденсатора до напряжения U_1 оказывается равным:

$$t = RC \ln \frac{U_0}{U_0 - U_1}.$$

Для получения автоматического действия схемы остается каким-либо способом фиксировать момент достижения напряжения U_1. Проще всего это осуществить с помощью газоразрядного прибора, например неоновой лампы *НЛ*, включая ее параллельно конденсатору *С* (рис. 22).

Неоновые лампы, как и другие двухэлектродные газоразрядные приборы, имеют свойство зажигаться при условии, если напряжение на их электродах будет равно (или превысит) потенциалу зажигания. Это свойство газоразрядных приборов позволяет осуществить фиксацию заданного напряжения и, следовательно, времени. При этом в цепь конденсатор — неоновая лампа может быть включено электромагнитное реле *Р*, которое при возникновении тока срабатывает, выполняя те или иные функции. Продолжительность прохождения тока через обмотку реле определяется временем, в течение которого конденсатор разрядится до напряжения погасания лампы. Очевидно, что для подобных схем разницу в напряжениях зажигания и погасания лампы желательно иметь наибольшей.

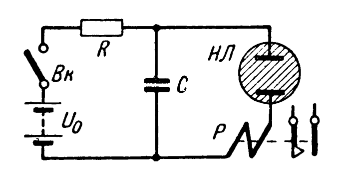


Рис. 22. Общая схема реле времени с газоразрядным прибором.

Фиксация заданного напряжения на конденсаторе может производиться и с помощью электронных ламп (рис. 23). Как известно, анодный ток лампы зависит от напряжения на управляющей сетке и равен нулю, если это напряжение ниже потенциала запирания.

В отличие от газоразрядных приборов изменение анодного тока лампы при изменении сеточного напряжения происходит более или менее плавно. Ввиду этого момент срабатывания электромагнитного реле в анодной цепи за-

висит от его чувствительности. Такой характер действия менее желателен для различных автоматических схем, однако надежная работа их возможна и в этом случае.

Время, в течение которого напряжение на конденсаторе достигает заданной величины, зависит от нескольких факторов. Как вытекает из приведенного выше выражения, прямое пропорциональное влияние на это оказывает произведение RC (так называемая постоянная времени). Чем больше величина зарядного сопротивления или емкость конденсатора, тем медленнее будет рост напряжения. Регулировка времени срабатывания в схемах чаще всего осуществляется изменением именно этих величин, и особенно часто изменением величины зарядного сопротивления R. С этой целью применяются переменные сопротивления или группы постоянных сопротивлений, суммарная величина которых изменяется с помощью переключателей.

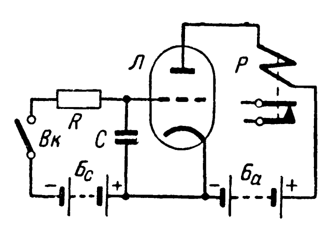


Рис. 23. Общая схема реле времени с электронной лампой.

Пропорциональная зависимость времени срабатывания от величины R и C облегчает расчет схем, поскольку при этом оказывается справедливым соотношение

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{C_1}{C_2}.$$

Максимальная величина зарядного сопротивления ограничена в пределах до 10—15 *Мом* возможными утечками в монтаже и, особенно, в зарядном конденсаторе. Наличие утечек искажает линейную зависимость между временем и величиной RC и может послужить причиной ненадежной работы всей схемы. Исходя из этого, в качестве зарядных должны применяться конденсаторы с минимальным током утечки, в частности металлобумажные, слюдяные и т. п. По этим же соображениям емкость конденсатора не может быть взята больше 30—40 *мкф*.

Минимальное значение емкости в схемах с газоразрядными приборами также ограничено. Поскольку срабатывание электромагнитного реле обычно происходит за счет энергии, накапливаемой в зарядном конденсаторе, более надежная работа обеспечивается при большей емкости. По-

следняя в зависимости от чувствительности электромагнитного реле выбирается не меньше 5—10 *мкф*.

В схемах, где напряжение на конденсаторе лишь управляет током через реле, например с помощью электронной лампы, зарядная емкость может быть значительно уменьшена. Разумеется, величина отсчитываемого времени при этом уменьшается, и для компенсации этого необходимо увеличение зарядного сопротивления. В то же время применение малоемкостного конденсатора для одного из поддиапазонов выдержек позволяет легко осуществить кратное изменение их путем подключения дополнительных конденсаторов. Подобная регулировка отсчитываемого времени очень удобна, а в ряде случаев и необходима.

Как уже указывалось, на время выдержки влияют также напряжение источника U_0 и напряжение на конденсаторе U_1, при котором происходит срабатывание схемы (так называемое напряжение реагирования). Значение напряжения U_1 при использовании неоновых ламп и стабилитронов равно потенциалу их зажигания, а при использовании электронных ламп оно равно потенциалу управляющей сетки, при котором происходит срабатывание электромагнитного реле.

Выдержка, отсчитываемая при неизменной величине RC, тем больше, чем меньше разность $U_0 - U_1$, но при этом сильнее сказывается влияние на выдержку ухода одного из этих напряжений. Таким образом, стабильность работы схемы определяется отношением $U_0/U_1 = k$, где k — коэффициент срабатывания; стабильность выше при больших значениях k.

Однако значительное увеличение k ввиду связанного с этим укорочения выдержки нецелесообразно. В практических схемах с газоразрядными приборами значение k обычно берется в пределах 1,5—3, а повышение стабильности достигается путем стабилизации зарядного напряжения U_0. Чаще всего для этих целей применяются газоразрядные стабилитроны, рабочее напряжение которых и определяет величину U_0.

Стабилитроны часто используются и в качестве разрядной лампы. Преимуществом их перед неоновыми лампами является более высокая стабильность потенциала зажигания, благодаря чему повышается точность отсчета времени. Тем не менее использование стабилитронов не всегда желательно. Причины этого заключаются в более высоких (по сравнению с неоновыми лампами) значениях потенциала

зажигания и внутреннего сопротивления в момент начала разряда.

Влияние изменений зарядного напряжения на величину отсчитываемой выдержки позволяет вводить еще одну независимую ее регулировку. Пределы изменения выдержки при этом невелики (обычно до 2—3 раз), однако таким путем могут производиться и основная регулировка и коррекция выдержки при смене разрядной лампы или изменении ее параметров.

При сохранении основного принципа действия, свойственного конденсаторным реле времени, схемы их могут быть чрезвычайно разнообразны. Ниже приводятся описания нескольких схем, обладающих теми или иными положительными качествами. Бóльшая часть описываемых реле времени содержит в качестве элементов фиксации напряжения газоразрядные стабилитроны и неоновые лампы. Такие схемы очень просты в наладке и допускают значительные отклонения в параметрах применяемых радиодеталей.

21. РЕЛЕ ВРЕМЕНИ С ЭЛЕКТРОННОЙ ЛАМПОЙ

На рис. 24 приведена схема реле времени с электронной лампой, выпускаемого нашей промышленностью. Реле времени конструктивно объединено с фонарем освещения фотолаборатории. Осветительная лампа $Л_2$ фонаря одновре-

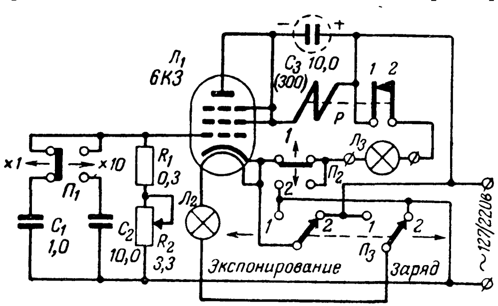


Рис. 24. Схема реле времени с электронной лампой.

менно служит гасящим сопротивлением и включается в электросеть последовательно с нитью накала электронной лампы $Л_1$. При напряжении электросети 127 *в* используется осветительная лампа 127 *в* на 40 *вт*, а при 220 *в* — лампа 220 *в* на 60 *вт*.

Управление работой прибора производится при помощи переключателей $П_2$ и $П_3$. В положении *2* переключателя $П_3$ конденсатор C_1 включен в электросеть последовательно с участком сетка — катод лампы $Л_1$ и заряжается сеточным током до амплитудного значения сетевого напряжения. Лампа фотоувеличителя $Л_3$ при этом не горит (если переключатель $П_2$ находится в положении *1*).

Началу отсчета выдержки соответствует момент перевода переключателя $П_3$ в положение *1* (экспонирование). При этом лампа $Л_1$ оказывается закрытой отрицательным напряжением на конденсаторе C_1, а электромагнитное реле *P* в анодной цепи лампы выключенным. Лампа фотоувеличителя $Л_3$ включается в электросеть через нормально замкнутые контакты *1* и *2* реле *P* и контакты переключателей $П_2$ и $П_3$. Конденсатор C_1 начинает разряжаться через сопротивления R_1 и R_2.

Продолжительность горения лампы $Л_3$ определяется временем разряда конденсатора C_1 до напряжения, при котором в анодной цепи лампы $Л_1$ возникает ток, достаточный для срабатывания электромагнитного реле. Якорь реле *P* притягивается, и его контакты *1* и *2* выключают лампу $Л_3$. Для подготовки схемы к следующему экспонированию переключатель $П_3$ возвращают в положение *2* (заряд). Лампа $Л_3$ при этом может быть включена для установки кадра и фокусировки. Для этого переключатель $П_2$ переводится в положение *2*.

Скорость разряда конденсатора C_1 и, следовательно, длительность выдержки регулируются переменным сопротивлением R_2. Ручка этого сопротивления снабжена шкалой с равномерно расположенными делениями от 0,5 до 10 *сек*. При включении переключателем $П_1$ конденсатора C_2 выдержка увеличивается пропорционально изменению зарядной емкости в цепи управляющей сетки лампы $Л_1$, т. е. в 10 раз.

Достоинством описанного реле времени является чрезвычайная простота его схемы. Однако отсутствие стабилизации питающего напряжения делает выдержку в значительной степени зависящей от изменения сетевого напряжения. Ввиду этого шкала сопротивления R_2 может служить только для ориентировки в установке выдержек, и гарантируется лишь более или менее точное повторение их.

Электромагнитные реле, применяемые в подобных схемах, должны быть достаточно чувствительными, с током срабатывания 10—15 *ма*.

22. РЕЛЕ ВРЕМЕНИ ДЛЯ КОММУТАЦИИ МОЩНОЙ НАГРУЗКИ

Электромагнитное реле в цепи газоразрядного прибора, фиксирующего выдержку, может выполнять непосредственно функции включения и выключения той или иной нагрузки, в частности лампы фотоувеличителя. Однако для этого реле должно иметь достаточно мощные контакты и быть в то же время чувствительным и малоинерционным. Очевидно, что одновременное выполнение этих противоречивых требований затруднено. Одним из возможных решений этой задачи является применение двух электромагнитных реле—

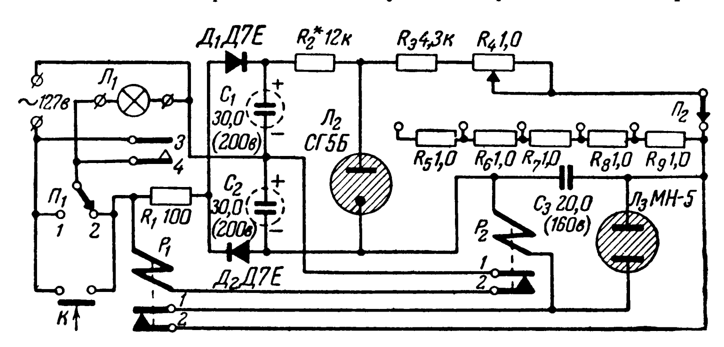


Рис 25. Схема реле времени для коммутации мощной нагрузки.

мощного исполнительного и вспомогательного, достаточно высокой чувствительности. Реле времени, построенные по такому принципу, особенно пригодны для коммутации в цепях с большим потреблением мощности.

Подобная схема приведена на рис. 25. Исполнительным в данной схеме служит реле переменного тока P_1. Поскольку чувствительность его при таком включении существенной роли не играет, можно использовать реле с достаточно мощными контактами, в частности типа МКУ-48.

В момент кратковременного замыкания пусковой кнопки *К* реле P_1 срабатывает и блокируется контактами *3* и *4*. При этом зажигается лампа фотоувеличителя $Л_1$ и начинается процесс экспонирования.

Одновременно получает питание и схема отсчета выдержки. Сетевое напряжение выпрямляется и удваивается с помощью диодов $Д_1$, $Д_2$ и конденсаторов C_1, C_2. Выпрямленное напряжение поддерживается равным 150 *в* газоразрядным стабилитроном $Л_2$.

Заряд конденсатора C_3, задающего выдержку, производится через переменное сопротивление R_4 и группу постоян-

ных сопротивлений $R_5 — R_9$. Суммарная величина их определяется положением переключателя $П_2$.

Такой способ регулировки времени срабатывания реле наиболее прост и позволяет точно установить нужную выдержку. В данной схеме ее величина изменяется от 0,25 *сек* до 3 *мин* и равна сумме значений времени, соответствующих данным положениям ручек переключателя $П_2$ и сопротивления R_4.

Потенциометр R_4 снабжается шкалой, деления которой в случае использования сопротивления с линейной зависимостью (вида А) будет равномерны. Однако для установки выдержки более удобна шкала с растянутыми в начале делениями, как это получается при использовании сопротивлений вида В.

При заряде конденсатора C_3 до потенциала зажигания неоновой лампы $Л_3$ последняя зажигается и пропускает ток через обмотку реле P_2. Реле срабатывает и на короткое время размыкает контакты *1* и *2* в цепи реле P_1. Последнее выключается, отключая при этом электросеть от выпрямителя и осветительной лампы $Л_1$.

После окончания отсчета выдержки контакты *1* и *2* реле P_1 замыкают конденсатор C_3 на обмотку реле P_2. Благодаря этому конденсатор окончательно разряжается и схема оказывается готовой к следующему действию.

Переключатель $П_1$ служит для включения лампы фотоувеличителя при наводке на резкость. Вместе с тем он используется при необходимости прекратить процесс печатания раньше заданного времени. Для этого переключатель на короткое время переводят в положение *1* (установка кадра). После возвращения его в положение *2* (автомат) лампа увеличителя гаснет и схема готова к началу нового экспонирования.

Вспомогательное реле P_2 в цепи неоновой лампы должно быть достаточно чувствительным. Положение, однако, облегчается тем, что контакты реле действуют на размыкание, возможное при меньшем токе через обмотку. В данной схеме используется малогабаритное реле типа МРЦ с током срабатывания 5 *ма*. Зарядный конденсатор C_3 берется типа МБГО, а конденсаторы C_1 и C_2 — типа ЭГЦ. При условии снижения стабильности отсчитываемой выдержки и уменьшения максимальной величины ее до 1—1,5 *мин* конденсатор типа ЭГЦ может быть использован и в качестве зарядного. В этом случае необходимо выбрать конденсатор с минимальным током утечки.

23. РЕЛЕ ВРЕМЕНИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИНЦИПА ВСТРЕЧНОГО ТОКА

Сравнительно недавно в схемах реле времени начал использоваться принцип встречного тока. В этом случае оказывается возможным обойтись одним электромагнитным реле сравнительно невысокой чувствительности.

Одна из схем подобного рода приведена на рис. 26. Особенностью ее является и способ установки задаваемой выдержки. Последнее осуществляется девятью отдельными выключателями, ступенчато изменяющими величину зарядного сопротивления. Комбинируя их включение, можно

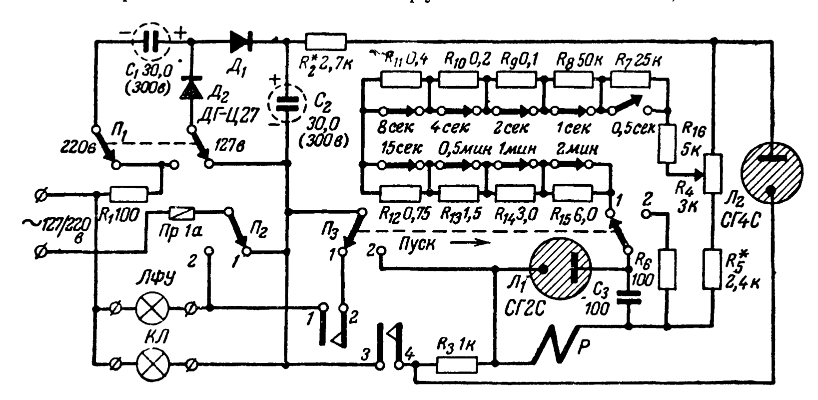


Рис. 26. Схема реле времени, срабатывающего за счет встречного тока через обмотку электромагнитного реле.

ЛФУ — лампа фотоувеличителя, КЛ — красная лампа.

устанавливать любую выдержку от 0,5 *сек* до 4 *мин* через 0,5 *сек*.

Запуск схемы для отсчета выдержки производится сдвоенным кнопочным переключателем $П_3$. При переводе его контактов в положение *2* срабатывает электромагнитное реле *P*, контакты *1—2* и *3—4* которого замыкаются. Однако экспонирование и отсчет выдержки начинаются лишь при возвращении контактов переключателя в положение *1*. Благодаря этому длительность нажатия пусковой кнопки на величине выдержки отразиться не может.

Для устранения влияния предыдущего действия схемы зарядный конденсатор C_3 в положении *2* переключателя $П_3$ шунтируется низкоомным сопротивлением R_6. Заряд конденсатора C_3 производится через последовательно соединенные сопротивления R_7 — R_{16}. Замыкая бóльшую или

меньшую часть из них с помощью выключателей, можно изменять общую величину зарядного сопротивления и тем самым менять время срабатывания схемы.

В момент зажигания стабилитрона $Л_1$ ток разряда конденсатора C_3 проходит через обмотку электромагнитного реле P. Поскольку направления этого тока и тока, удерживающего якорь реле, противоположны, действие их взаимно компенсируется и якорь освобождается. При этом контакты *1* и *2* выключают лампу фотоувеличителя, а контакты *3* и *4* размыкают цепь питания обмотки реле.

Подобный принцип срабатывания реле позволяет существенно уменьшить величину разрядного тока, необходимую для надежного действия схемы. Объясняется это следующим. Электромагнитное реле может быть характеризовано тремя значениями рабочего тока, из которых ток срабатывания $I_{ср}$ является наибольшим. Токи удержания $I_{уд}$ и отпускания $I_{отп}$ якоря меньше и составляют определенную часть тока $I_{ср}$.

В то время как в обычной схеме неоновая лампа или стабилитрон должны обеспечить ток, равный $I_{ср}$, в схеме со встречным включением ток, проходящий через обмотку реле, достаточно уменьшить до $I_{отп}$. Значения последнего в данной схеме (за счет включения после запуска сопротивления R_3) примерно равны току $I_{уд}$. Таким образом, ток стабилитрона $Л_1$ должен быть равен разности токов $I_{уд} - I_{отп}$, что значительно меньше тока $I_{ср}$. Практически положение несколько изменяется тем, что обмотка реле обладает некоторой индуктивностью, однако сущность сказанного остается в силе.

В описываемой схеме используется электромагнитное реле типа РСМ-1, ток срабатывания которого равен 20 *ма*. Возможно использование и реле другого типа примерно такой же чувствительности. Величина тока через обмотку реле подбирается изменением сопротивления R_5.

Потенциометр R_4, включенный последовательно в этой цепи, изменяет величину зарядного напряжения и тем самым время срабатывания схемы. Благодаря этому появляется возможность корректировки выдержек при налаживании схемы и замене газоразрядного прибора $Л_1$.

Переключатель $П_2$, как и в ранее описанной схеме, служит для сброса ошибочно начатой выдержки и включения лампы фотоувеличителя на продолжительное время. При переводе контактов $П_2$ в соответствующее этому положение *2* красная лампа, освещающая фотолабораторию, вы-

ключается. Последнее весьма полезно и облегчает наводку на резкость.

В схеме вместо стабилитрона СГ2С ($Л_1$) с потенциалом зажигания 105 *в* может быть использована неоновая лампа типа МН-5. Недостатками ее применения являются меньшая стабильность выдержек с течением времени и возможная необходимость подбора подходящего экземпляра. Последнее связано с тем, что напряжение зажигания ламп этого типа, обычно равное 90—110 *в*, согласно нормам может достигать 150 *в*.

При конструировании подобных схем следует учесть, что коммутация одной парой контактов электромагнитного реле лампы в фотоувеличителе и выпрямителя схемы (подобно схеме на рис. 25) в данном случае нежелательна. Оставшись подключенным к схеме после ее срабатывания, конденсатор фильтра C_2 будет разряжаться и создавать ток в обмотке реле. Этот ток может оказаться достаточным для возвращения якоря и повторного запуска схемы.

24. РЕЛЕ ВРЕМЕНИ С ДВУХОБМОТОЧНЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ РЕЛЕ

В отличие от предыдущей схемы в этой схеме реле времени, выпускаемого отечественной промышленностью (рис. 27), применено двухобмоточное электромагнитное реле (пригодно реле типа РКМ с током срабатывания 10—

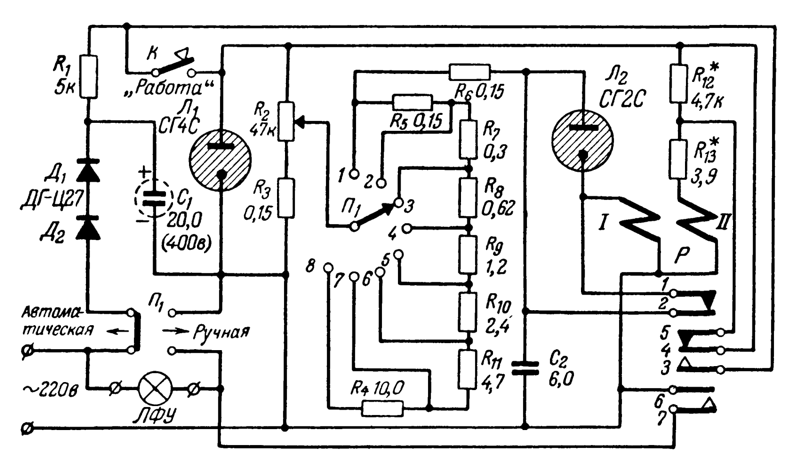


Рис 27. Схема реле времени с двухобмоточным электромагнитным реле.

15 *ма*), выключение его происходит за счет взаимного уничтожения магнитных полей, создаваемых отдельными обмотками.

При запуске схемы кнопкой *К* через обмотку *II* реле *Р* проходит ток от выпрямителя, собранного на диодах $Д_1$ и $Д_2$. Величина этого тока после срабатывания реле уменьшается, поскольку последовательно с сопротивлением R_{13} оказывается выключенным сопротивление R_{12}.

В качестве разрядной лампы служит стабилитрон $Л_2$, который, зажигаясь, пропускает ток разряда конденсатора C_2 через обмотку *I*. Обмотки реле включены так, что ток через обмотку *I* ослабляет магнитное поле, возникающее за счет тока обмотки *II*. В результате этого якорь реле освобождается и размыкает контакты блокировки *3—4* и контакты *6—7* в цепи лампы фотоувеличителя ЛФУ. Одновременно замыканием контактов *1—2* конденсатор C_2 подключается для окончательного разряда к обмотке *I*.

Регулировка времени срабатывания схемы осуществляется двояким образом: ступенчатым изменением общей величины зарядного сопротивления и плавной регулировкой напряжения источника заряда. Весь диапазон выдержек от 1 до 256 *сек* разбит на 8 поддиапазонов, соответствующих включению переключателем $П_2$ большей или меньшей части сопротивлений из группы $R_4 — R_{11}$.

Поддиапазоны в соответствии с этим составляют от 1 до 2 *сек*, от 2 до 4 *сек*, от 4 до 8 *сек* и далее с изменением, кратным 2. В пределах каждого поддиапазона выдержка изменяется плавно потенциометром R_2. Шкала, которой снабжена ручка потенциометра, соответствует четвертому поддиапазону и имеет деления от 8 до 16 *сек*.

Описанный метод установки выдержек (ступенчато, с кратностью 2, и плавно в этих пределах) является одним из наиболее пригодных для фотопечати. Однако снижение (при увеличении выдержки) зарядного напряжения до значения, близкого к потенциалу зажигания стабилитрона $Л_2$, нежелательно. Точность градуировки шкалы при этом невысока и гарантируется в пределах $\pm 20\%$.

25. РЕЛЕ ВРЕМЕНИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТРАНЗИСТОРОВ

Ценными качествами обладает схема реле времени, изображенная на рис. 28, в которой вместе с газоразрядными приборами используется транзистор. В отличие от схем, описанных ранее, ток через газоразрядный прибор в этой

схеме не воздействует непосредственно на электромагнитное реле, а лишь управляет его работой с помощью транзистора.

Такой принцип действия схемы предоставляет необычайную свободу в выборе отдельных ее элементов. При емкости зарядного конденсатора всего лишь 0,5 *мкф* оказывается возможным применить электромагнитное реле с током срабатывания 40—50 *ма* и любой газоразрядный прибор с подходящим напряжением зажигания.

Запуск схемы для отсчета выдержки производится кнопкой *К*. При замыкании ее контактов через обмотку электро-

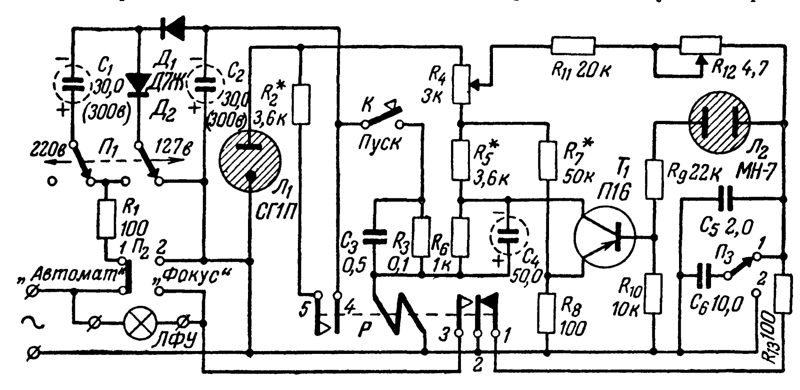


Рис. 28. Схема реле времени с транзистором

магнитного реле *Р* проходит ток заряда конденсатора C_3. В начальный момент этот ток велик и достаточен для срабатывания реле. При этом контакты *2—3* включают лампу фотоувеличителя ЛФУ, а контакты *4—5* соединяют выпрямитель с остальной частью схемы. Поскольку при этом транзистор T_1 оказывается закрытым, через обмотку реле *Р* проходит ток, величина которого определяется сопротивлениями R_4 — R_6. Последние выбираются так, чтобы якорь реле после окончания заряда конденсатора C_3 и прекращении пускового тока оставался притянутым. Для лучшего запирания транзистора в его цепь включено сопротивление R_8.

В момент, когда напряжение на конденсаторе C_5 достигнет потенциала зажигания неоновой лампы $Л_2$, ток разряда этого конденсатора пройдет по управляющей цепи эмиттер — база транзистора. Вследствие этого транзистор откроется и его коллекторная цепь зашунтирует цепь питания

электромагнитного реле. Напряжение на обмотке реле упадет почти до нуля, и реле отпустит якорь.

Так как запуск схемы был произведен через конденсатор C_3, который, зарядившись, перестал пропускать ток, выключение реле P произойдет и при нажатой кнопке K. Разряд конденсатора перед повторным действием происходит через сопротивление R_3 после размыкания пускового контакта.

Для включения лампы фотоувеличителя *ЛФУ* на продолжительное время служит переключатель $П_2$, который в этом случае переводится в положение *2*. Если это проделано до окончания отсчета выдержки, то работа схемы после возвращения переключателя в прежнее положение не возобновляется и лампа фотоувеличителя оказывается выключенной.

Величина отсчитываемой выдержки плавно изменяется переменным сопротивлением R_{12}. При увеличении с помощью переключателя $П_3$ зарядной емкости диапазон выдержек пропорционально изменяется. Изменение емкости в целое число раз позволяет производить установку выдержек по одной общей шкале, соответственно умножая ее показания.

При данных, указанных на схеме, диапазоны выдержек составляют от 0,25 до 15 *сек* и от 1,5 до 90 *сек*. Расширение диапазонов может быть достигнуто регулировкой потенциометра R_4, изменяющего зарядное напряжение. Однако из-за снижения точности отсчета этого делать не рекомендуется, и основным назначением потенциометра R_4 следует считать корректировку шкалы при наладке схемы и замене разрядной лампы $Л_2$.

Величина тока через разрядную лампу $Л_2$ в данной схеме весьма мала. Для надежного срабатывания достаточен ток всего лишь 0,5—1 *ма*. Это значительно расширяет выбор газоразрядных приборов и способствует повышению стабильности их работы в схеме. Кроме указанной неоновой лампы типа МН-7, могут быть использованы любые другие неоновые лампы и стабилитроны при условии, что потенциал их зажигания не превышает 100—120 *в*.

Сопротивление R_9, включенное последовательно с лампой $Л_2$, уменьшает ток через нее, одновременно увеличивая время прохождения этого тока. Последнее оказывается более важным, и уменьшение сопротивления не повышает надежность срабатывания схемы. Увеличение тока в цепи эмиттер — база транзистора T_1, более чем это нужно для

полного его открывания, бесполезно и может привести к порче транзистора.

Повышение запаса надежности работы устройства достигается включением в цепь электромагнитного реле конденсатора C_4. Последний при открывании транзистора создает встречный ток через обмотку реле, что способствует более быстрому спаданию рабочего тока.

Рабочий ток и напряжение на обмотке применяемого электромагнитного реле не должны значительно превышать

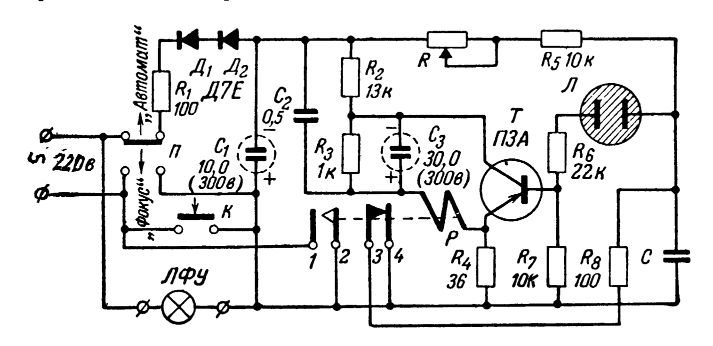


Рис. 29. Схема упрощенного реле времени с транзистором. R_7 равно не 100, а 10 *к*.

соответствующих допустимых значений для данного типа транзисторов. В описываемой схеме использовано реле типа РЭС-9 с током срабатывания 40 *ма*.

Упрощенный вариант схемы применительно к распространенному реле P типа РСМ-2 приведен на рис. 29. В отличие от схемы на рис. 28 пусковые контакты K здесь должны быть разомкнуты до окончания отсчета выдержки. Параметры задающей цепи RC и газоразрядного прибора $Л$ на этой схеме не указаны. Здесь можно использовать любой газоразрядный прибор с потенциалом зажигания до 200—250 *в*. Емкость зарядного конденсатора C может быть выбрана в пределах 1—30 *мкф*. Необходимая при этом величина зарядного сопротивления R при заданном максимальном значении выдержки определяется по следующей формуле:

$$R = \frac{0,43t}{C \lg \frac{U_0}{U_0 - U_1}},$$

где t — время, *сек*;

R — сопротивление, *Мом*;

C — емкость, *мкф*;
U_0 — выпрямленное напряжение, *в*;
U_1 — потенциал зажигания лампы *Л*, *в*.

Транзистор *T* типа П3А в этой схеме должен иметь коэффициент усиления по току $\beta > 15$.

26. РЕЛЕ ВРЕМЕНИ С АВТОМАТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ ВЫДЕРЖЕК

Любая из описанных выше схем реле времени может быть объединена со схемой электронного экспонометра. При этом образуется комбинированный прибор, способный выполнять функции как той, так и другой схемы. Используя его при фотопечати, значения необходимых выдержек определяют по шкале экспонометра, а затем считывают и устанавливают их по соответствующим шкалам реле времени.

Прибор подобного назначения описывается ниже. Однако схема его построена так, что необходимость раздельного считывания и установки выдержек отпадает. Наличие заранее проградуированных шкал также оказывается необязательным. Определение величины выдержки и подготовка схемы к ее отсчету происходят одновременно.

Принцип действия прибора (рис. 30) заключается в следующем. С помощью вакуумного фотоэлемента $Л_3$ производится измерение освещенности в сюжетно важном участке фотокадра. Напряжение, выделяемое на нагрузочном сопротивлении R_{10}, пропорционально освещенности, что дает возможность судить о величине необходимой выдержки.

Это отрицательное по знаку напряжение включено в цепь управляющей сетки лампы $Л_2$ последовательно с положительным, снимаемым с движка потенциометра R_{11}, которое является частью напряжения питания схемы и зависит от соотношения величин сопротивлений R_{11}, R_{12} и R_{15}.

Схема построена так, что сопротивление R_{11} и R_{12}, входящие в делитель напряжения при измерении освещенности, при последующем отсчете выдержки составляют зарядную цепь конденсатора C_3 и определяют продолжительность экспонирования. Благодаря этому напряжение, выделяющееся на сопротивлении R_{11}, указывает на величину выдержки, которая будет автоматически отсчитана при дальнейшем действии схемы.

Движок потенциометра R_{11} можно установить так, чтобы снимаемое с него напряжение компенсировало напряжение на сопротивлении R_{10} при данной освещенности фо-

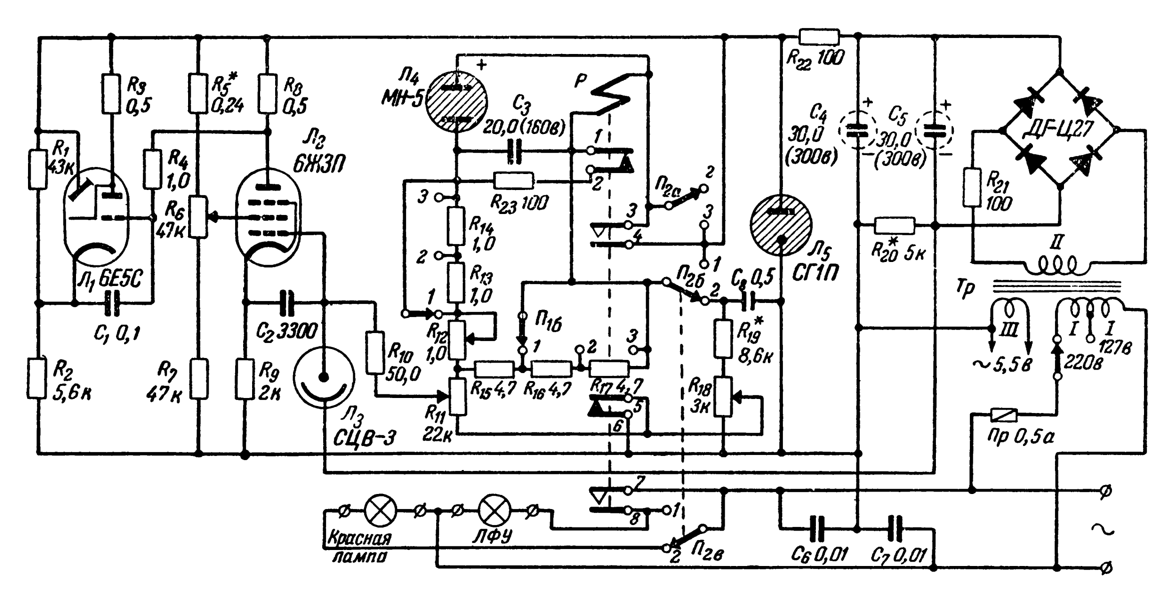


Рис. 30. Схема реле времени с автоматической установкой выдержек.

тоэлемента $Л_3$. Баланс напряжений отмечается электронно-оптическим индикатором $Л_1$, для которого лампа $Л_2$ служит усилителем разности указанных напряжений. В момент баланса напряжение на входе усилительного каскада равно нулю, а угол теневого сектора на экране лампы $Л_1$ благодаря выбранному режиму работы ламп минимален.

При изменении освещенности (например, вследствие смены негатива) можно, оставив неизменным положение движка потенциометра R_{11}, добиваться баланса подбором величины сопротивления R_{12}. Тогда общее сопротивление цепи $R_{11}R_{12}R_{15}$ окажется зависимым (и притом обратно пропорционально) от величины освещенности фотоэлемента $Л_3$. Зависимой окажется и отсчитываемая выдержка, а схема всякий раз будет автоматически подготовлена к ее отсчету.

Потенциометр R_{11} используется для учета светочувствительности фотобумаги. Перемещение его движка вверх (по схеме) соответствует понижению светочувствительности. Необходимое положение движка потенциометра R_{11} легко найти, если известно значение оптимальной выдержки для одной величины освещенности, т. е. положение ручки R_{12} при изготовлении пробного отпечатка с одного негатива.

Исключение при отсчете выдержки из зарядной цепи сопротивления R_{15} делается для того, чтобы учесть нелинейный характер увеличения выдержки при уменьшении освещенности. При малой величине сопротивления R_{12}, соответствующей значительной освещенности, это очень мало влияет на общее сопротивление зарядной цепи, но оно становится заметным при большой величине сопротивления R_{12}. Благодаря этому характер изменения выдержки при изменении освещенности оказывается нелинейным и близким к необходимому для большинства фотобумаг.

Плавная регулировка выдержки переменным сопротивлением R_{12} происходит в пределах от 0,5 *сек* до 0,5 *мин*. Для расширения диапазона работы последовательно с сопротивлениями R_{12} и R_{15} переключателем $П_1$ вводятся дополнительные сопротивления (на схеме показаны R_{13}, R_{16} и R_{14}, R_{17}). Переключатель $П_1$ имеет восемь положений, в каждом из которых вводятся сопротивления, соответственно равные R_{12} и R_{15}. При этом выдержка изменяется ступенчато с интервалом 0,5 *мин*. Общий диапазон работы составляет от 0,5 *сек* до 4 *мин*.

Описанный принцип автоматической подготовки схемы к отсчету выдержки значительно упрощает расчет и изготовление прибора и в то же время повышает точность его

работы. При определении выдержки оказываются учтенными факторы, которые могли бы повлиять на ее величину (изменение параметров фотоэлемента и разрядной лампы реле времени, колебания питающего напряжения и т. п.). Тем более не может отразиться изменение коэффициента усиления ламп $Л_1$ и $Л_2$, являющихся нуль-индикатором. Учет всех этих факторов в обычных комбинированных схемах реле времени и экспонометров весьма затруднителен.

Не менее важным является исключение отдельной шкалы экспонометра. Шкала времени, которой может быть снабжена ручка переменного сопротивления R_{12}, позволяет считывать данные о выдержках или использовать прибор как обычное реле времени. В случае применения сопротивления с линейной зависимостью (вид А) деления шкалы будут расположены равномерно.

Работа прибора разделяется на два этапа: определение выдержки и отсчет ее. Для выбора рода работы служит переключатель $П_2$. В качестве его использован телефонный ключ на три положения, одно из которых (*3*) нефиксирующееся. Определение выдержки и подготовка схемы к отсчету производятся при нахождении контактов $П_{2б}$ и $П_{2в}$ в положении *1*. Положение *2* контактов переключателя $П_2$ (нейтральное для ручки ключа) соответствует отсчету выдержки или готовности прибора к этому.

В этом же положении производятся проверка и установка «нуля» индикатора $Л_1$, т. е. сужение теневого сектора на его экране при затененном фотоэлементе $Л_3$. Для установки нуля служит потенциометр R_6, изменяющий напряжение на экранирующей сетке лампы $Л_2$ и, следовательно, анодный ток и напряжение на аноде этой лампы.

Сужение сектора происходит при разности напряжений на аноде лампы $Л_2$ и катоде лампы $Л_1$, равной —3 *в*. Конденсаторы C_1 и C_2, блокирующие управляющие сетки лампы $Л_1$ и $Л_2$, служат для уменьшения наводок.

При переводе ручки ключа в пусковое, нефиксирующееся, положение *3* контакты $П_{2а}$ замыкают цепь питания электромагнитного реле *Р*. Последнее срабатывает и самоблокируется контактами *3—4*. Его контакты *7—8* включают лампу фотоувеличителя ЛФУ, и начинается процесс экспонирования. Ток через обмотку реле *Р* определяется величинами сопротивлений R_{18} и R_{19} (сопротивление R_{19} подбирается в зависимости от тока срабатывания реле). В данной схеме использовано реле типа РКМ с током срабатывания 10 *ма*.

Заряд конденсатора C_3 происходит через сопротивления R_{11} и R_{12}. Зарядное напряжение регулируется проволочным потенциометром R_{18}. Эта регулировка используется для корректирования шкалы времени при смене разрядной лампы $Л_4$. Для того чтобы перемещение движка потенциометра R_{18} не влияло на градуировку шкалы светочувствительности, движок после отсчета выдержки контактами реле *5—6* соединяется с общим проводом схемы.

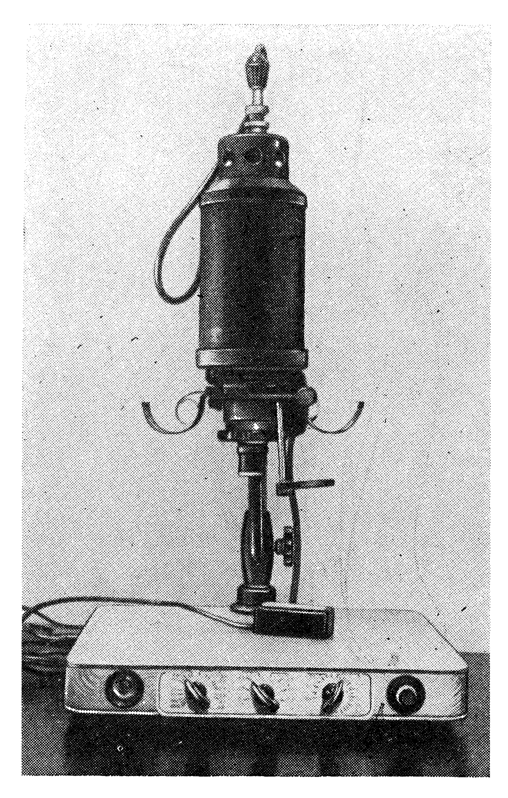


Рис. 31. Внешний вид реле времени с автоматической установкой выдержек.

Выключение лампы фотоувеличителя происходит при заряде конденсатора C_3 до напряжения зажигания неоновой лампы $Л_4$. Ток разряда конденсатора C_3, проходящий при этом через лампу $Л_4$ и обмотку реле, направлен встречно рабочему току обмотки. Действие их взаимно компенси-

руется, и якорь реле освобождается. После срабатывания схемы конденсатор C_3 окончательно разряжается на сопротивление R_{23}, включаемое контактами *1—2* реле.

Питание схемы производится от выпрямителя на полупроводниковых диодах $Д_1$— $Д_4$. Выпрямленное напряжение стабилизировано стабилитроном $Л_5$. Для питания фотоэлемента $Л_3$ используется напряжение, выделяющееся на гасительном сопротивлении R_{20}. Последнее при наладке схемы подбирается так, чтобы ток через лампу $Л_5$ составлял около 10 *ма* при включенном реле *Р*.

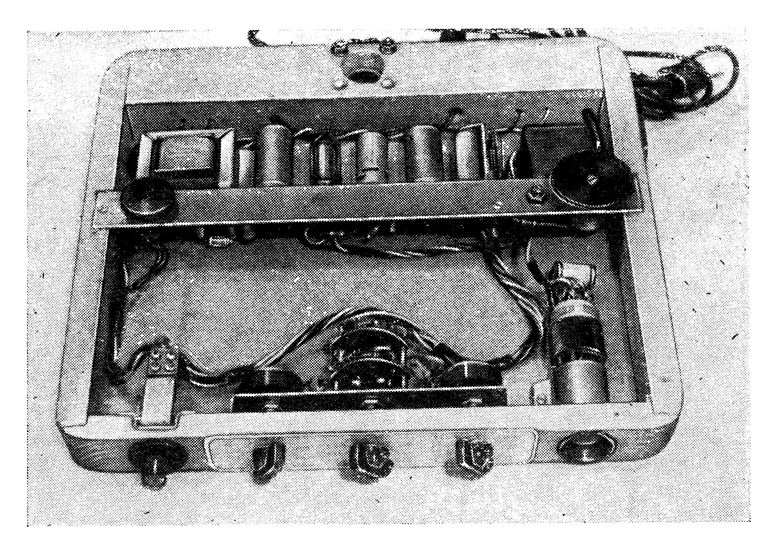


Рис. 32. Вид реле времени с автоматической установкой выдержек со стороны монтажа.

Силовой трансформатор выполнен на сердечнике сечением 6 $см^2$. Обмотка *I* (сетевая) состоит из 2 270 витков провода ПЭВ 0,21 с отводом от 1 100-го витка для включения в электросеть 127 *в*, обмотка *II* (повышающая) — из 2 200 витков ПЭВ 0,15 и обмотка *III* (накальная) — из 56 витков ПЭВ 0,5.

Возможно применение и готовых трансформаторов от радиовещательных приемников «Рекорд», «Стрела» и др. В этом случае в цепь накала ламп $Л_1$ и $Л_2$ необходимо включить гасящее сопротивление для понижения напряжения до 5,5 *в*.

Монтаж прибора произведен в столике увеличителя (рис. 31 и 32). Ручки управления и оптический индикатор $Л_1$ располагаются на передней стенке столика, что создает значительные удобства при работе. Ось потенциометра R_6 («установка нуля») выведена под дно столика; на конце ее укреплен рифленый диск.

Фотоэлемент $Л_3$ помещается в отдельной коробке с отверстием диаметром 6 *мм*, расположенным против фотокатода. Соединение фотоэлемента со схемой производится экранированным кабелем с высоким сопротивлением изоляции.

Наладка прибора мало отличается от обычной наладки схем реле времени. Особенностью ее является подбор режима лампы $Л_2$; сопротивление R_5 должно быть таким, чтобы при отсутствии внешнего напряжения на управляющей сетке лампы $Л_2$ теневой сектор лампы $Л_1$ сужался при среднем положении движка потенциометра R_6.

27. ИМПУЛЬСНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ФОТОПЕЧАТИ

По своему назначению (автоматическое экспонирование при фотопечати) с реле времени сходно импульсное осветительное устройство, схема которого приведена на рис. 33.

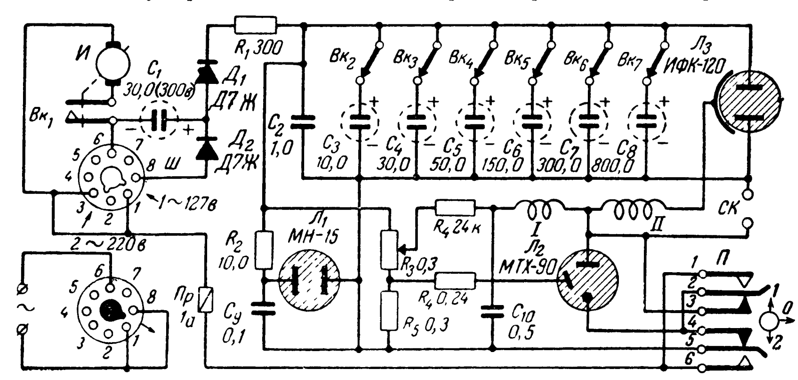


Рис. 33. Схема импульсного устройства для фотопечати.

Источником света здесь служит импульсная лампа $Л_3$. Применение ее резко сокращает время, затрачиваемое на экспонирование, и позволяет производить печатание при отсутствии электросети.

Световая энергия вспышки регулируется в широких пределах, что дает возможность получать как малые, так

и значительные экспозиции. Экспозиция при вспышке с энергией 36 *дж* по действию на фотобумагу примерно соответствует освещению в течение 15—20 *сек* лампой накаливания 70 *вт*.

Установка необходимой экспозиции в данной схеме достигается изменением емкости накопительного конденсатора, что, как известно, примерно пропорционально изменяет световую энергию вспышки. С этой целью схема содержит несколько конденсаторов (C_2—C_7) различной емкости, включаемых в той или иной группировке выключателями $Вк_2$—$Вк_7$.

Емкости и количество конденсаторов могут отличаться от указанных на схеме. Несущественна и суммарная емкость, получаемая при включении всех конденсаторов, так как увеличение экспозиции может быть достигнуто за счет увеличения числа вспышек. Важно лишь, чтобы суммарная емкость не превышала номинальную для лампы ИФК-120 величину 2 500 *мкф*, а разница в емкостях конденсаторов обеспечивала выбор экспозиции при наименьшем общем числе выключателей.

Заряд конденсаторов производится от батарей или ручного электрогенератора *И* (индуктора от телефонного аппарата). Напряжение, вырабатываемое им, выпрямляется однополупериодным выпрямителем с удвоением напряжения (диоды $Д_1$, $Д_2$ и конденсатор C_1).

Этот же выпрямитель используется и при питании от электросети напряжением 127/220 *в*. Переключения в выпрямителе и соединение его с электросетью производятся при помощи штепсельного разъема *Ш*, изготовленного из ламповой панельки и цоколя от лампы. При вставлении цоколя в панельку в положении *1* напряжение электросети подается на гнездо *6* и на замыкаемые между собой гнезда *1* и *8*. Выпрямитель при этом оказывается включенным по схеме удвоения. Это же положение соответствует и питанию от внутреннего генератора. Включение его происходит автоматически при вращении ручки связанным с ней выключателем $Вк_1$. При питании от электросети 220 *в* и батарей цоколь должен находиться в панельке в положении *2*.

Неоновая лампа $Л_1$ является индикатором напряжения на конденсаторах. Сопротивление R_2 подбирается для получения желаемой частоты вспыхиваний этой лампы.

Для управления работой устройства служит переключатель *П* на три положения, в качестве которого использован

телефонный ключ. При замыкании контактов *1* и *2* через оставшиеся замкнутыми контакты *4* и *5* включается питающее напряжение и начинается заряд накопительных конденсаторов C_2—C_7.

Поджиг импульсной лампы $Л_3$ производится автоматически при заряде конденсаторов до определенного напряжения. С этой целью в цепь первичной обмотки *I* импульсного трансформатора *Тр* включен безнакальный тиратрон $Л_2$, пропускающий ток разряда конденсатора C_{10}. Напряжение на этом конденсаторе является частью общего напряжения и зависит от положения движка потенциометра R_3. Изменяя положение движка, можно выбирать момент зажигания тиратрона и импульсной лампы, плавно регулируя (в некоторых пределах) энергию вспышки и получаемую экспозицию.

Применение такой схемы зажигания импульсной лампы позволяет стабилизировать мощность вспышек и получать автоматическое повторение их. Частота следования вспышек определяется временем заряда накопительных конденсаторов и зависит от их емкости.

При размыкании выключателей $Вк_2$—$Вк_7$ остается включенным конденсатор C_2. При заряде его от электросети частота повторения вспышек достигает 20—25 *гц* и в некоторых пределах регулируется потенциометром R_3. Этот режим работы импульсной лампы используется при наводке изображения на резкость.

В некоторых случаях более удобно предварительно заряжать накопительные конденсаторы до напряжения источника питания и в нужный момент производить вспышку. Для заряда используется положение *2* переключателя *П*. Вспышка происходит в момент возвращения ручки переключателя в среднее положение. Замыкание в цепи поджига лампы $Л_3$ происходит через контакты *3—4* и *4—5*. Тиратрон $Л_2$ при этом в работе схемы не участвует.

Устройство может быть использовано и при репродукционной фотосъемке. Для этого с анодом тиратрона и общим «минусовым» проводом соединены дополнительные гнезда *СК*, служащие для включения синхроконтактов фотоаппарата. Переключатель *П* при этом должен находиться в положении *2*.

Внешний вид описываемого устройства показан на рис. 34. При монтаже его в металлическом ящике надо тщательно изолировать схему и корпуса электролитических конденсаторов от соприкосновения со стенками ящика. Рас-

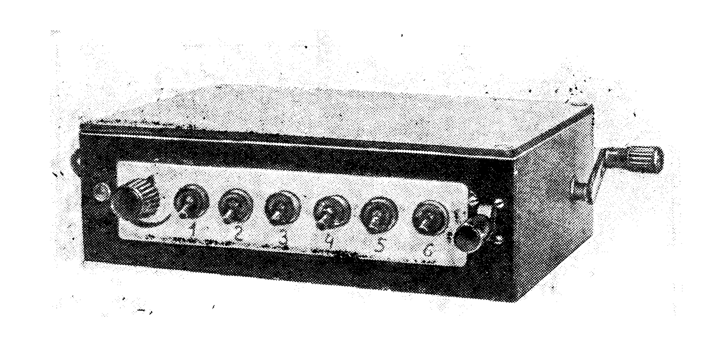


Рис. 34. Внешний вид импульсного устройства для фотопечати.

положение лампы ИФК-120 в увеличителе может быть различным. Хорошие результаты получаются при горизонтальном расположении лампы, так чтобы трубки ее находились одна над другой.

Действие вспышки на светочувствительный слой фотобумаги несколько отличается от действия непрерывного света. Вследствие этого подбор фотобумаги к имеющимся негативам надо производить путем предварительных проб. При этом же определяется и сочетание положений выключателей, необходимое для получения желаемых результатов.

ПРИЛОЖЕНИЯ

I. Основные данные неоновых ламп

Обозначение лампы	Старое обозначение	Напряжение горения номинальное, *в*	Напряжение зажигания, *в*	Рабочий ток, *ма*	Срок службы, *ч*	Напряжение зажигания в течение срока службы (не более), *в*
ТН-0,2	МН-8	65	$\leqslant 85$	0,25	200	90
ТН-0,3	МН-5	65	$\leqslant 150$	0,3	200	155
ТН-0,5	ПН-3	55	$\leqslant 90$	0,5	300	108
ТН-0,9	ПН-1	150	$\leqslant 200$	0,9	300	205
ТН-1	ФН-2	49	$\leqslant 140$	1	100	168
МН-4	—	—	$\leqslant 80$	1,5	500	85
МН-6	—	—	60—90	0,8	100	95
МН-7	—	—	>87	0,5—2	200	90
МН-11	—	—	$\leqslant 85$	4 ± 1	20	95
МН-12	—	—	$\leqslant 95$	0,2	—	—
МН-15	—	—	220 ± 15	0,45	—	240

Примечания:

1. Для ламп ТН-0,2 ТН-0,3 и МН-11 „плюс" питающего напряжения должен быть приложен к металлическому цоколю.

2. Лампа ТН-1 предназначена для работы на переменном токе, в таблице указаны эффективные значения тока и напряжения.

3. Значение тока для лампы МН-15 указано при наличии в цепи балластного сопротивления в 300 *ком*.

2. Основные данные стабилитронов

Обозначение стабилитрона	Напряжение зажигания (не более), *в*	Напряжение горения, *в*	Ток через стабилитрон, *ма*	Изменение напряжения горения при изменении тока в пределах нормы (не более), *в*	Долговечность, *ч*	Критерии долговечности		
						Напряжение зажигания (не более), *в*	Изменение напряжения горения при изменении тока (не более), *в*	Изменение напряжения горения от первоначального значения (не более)
СГ1П	175	143—155	5—30	3,5	1 000	175	5	±5 *в*
СГ2П	150	104—112	5—30	2,5	500	150	3	±2,5 *в*
СГ2С	105	70—81	5—40	4,5	500	110	6,5	—
СГ3С	127	105—112	5—40	3,5	500	133	4	—
СГ4С	180	145—160	5—30	4,5	500	185	4,5	—
СГ5Б	180	142—157	5—10	4	500	190	4,5	±7%
СГ13П	175	143—155	5—30	5	50	175	5	±3 *в*
СГ15П	150	104—112	5—30	2	500	—	—	2,5 *в*
СГ16П	130	80—86	5—30	3	500	—	—	1,5 *в*
СГ201С	150	86—92	4—15	2,5	500	—	2,5	1 *в*
СГ202Б	135	81—87	1,5—5	4,5	500	140	4,5	±1,5 *в*

Цена 18 коп.